PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 9/10. 1. Mai 1915. Redaktionsschluß für No. 11 am 22. Mai 1915. 16. Jahrgang.

INHALT:

A. Heydweiller, Johann Wilhelm Hittorf. S. 161.

Originalmitteilungen:

H. Reißner, Über eine Möglichkeit die Gravitation als unmittelbare Folge der Relativität der Trägheit abzuleiten S. 179.

H. Masing u. H. Wiesinger, Über Löschvorgänge in Funkenstrecken. S. 185.

O. Knoblauch u. F. Noell, Der Neubau des Laboratoriums für Technische Physik der K. Technischen Hochschule München. S. 192.

Besprechungen:

B. Bavink, Allgemeine Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft. S. 199.

Personalien. S. 199.

Vorlesungsverzeichnis f. das Sommersemester 1915. S. 199.

Gesuche. S. 200.

Johann Wilhelm Hittorf.

Geb. in Bonn am 27. März 1824, † in Münster i. W. am 28. Nov. 1914.

Von Adolf Heydweiller[1]).

Im Spätherbst des ereignisreichen Jahres 1914 schlossen sich zwei kluge und scharfblickende Augen in einem machtvollen und unvergeßlichen Charakterkopf für immer, die Augen Wilhelm Hittorfs. Mit ihm, dem Neunzigjährigen, dem Altersgenossen von Hermann Helmholtz, Rudolf Clausius und Gustav Kirchhoff, ist der letzte einer entschwundenen Physikergeneration dahingegangen, die in Deutschlands karger Zeit nach den Freiheitskriegen aufgewachsen, vielleicht deshalb eine fast unverwüstliche Lebenskraft und Schaffensfreudigkeit bis in ein hohes Alter bewahrte und vornehmlich des Vaterlandes Ruhm und Größe auch in unserer Wissenschaft begründete.

Hittorf war geborener Rheinländer, sein Vater war Kaufmann in Bonn, und es fehlte ihm auch nicht an Sinn für den goldenen rheinischen Humor; aber sonst hatte er wenig von der Natur des Rheinländers mit der schnellen Auffassung und leichten Erregbarkeit, aber nicht sehr großen Ausdauer, sondern viel mehr von der etwas schwerfälligen Art der Bewohner seiner zweiten niedersächsischen Heimat, deren Stärke in der zähen Beharrlichkeit bei der Verfolgung erstrebter Ziele liegt. So ist zu vermuten, daß seine Vorfahren, von denen einer als Baukünstler in Köln sich einen bedeutenden Namen gemacht hat, rheinaufwärts gekommen sind; ein Hittorf liegt am Niederrhein zwischen Deutz und Düsseldorf.

Schule und Studienjahre verlebte er fast ganz im Elternhause mit vier Geschwistern, von denen der einzige Bruder Medizin studierte und früh verstarb, eine unverheiratete jüngere Schwester später durch lange Jahre ihn, den gleichfalls Ledigen, mit ihrer stillen und treuen Sorgfalt umgab und ihm ein behagliches Heim schuf.

Unter Befreiung von der mündlichen Prüfung erlangte er 1842 am Gymnasium der Vaterstadt das Reifezeugnis und bezog dann die Heimatuniversität, von deren Lehrern der als Mathematiker und Physiker ausgezeichnete Julius Plücker den größten Einfluß auf ihn gewann und ihn mächtig förderte. So kehrte er auch nach einem vorübergehenden Studienaufenthalt in Berlin wieder nach Bonn zurück, wo er 1846 am 26. Oktober mit einer Dissertation über Eigenschaften der Kegelschnitte (Proprietates sectionum conicarum ex aequatione polari deductae) die Doktorwürde erwarb[1]).

Es ist bezeichnend für die Unzulänglichkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den deutschen Hochschulen in jener Zeit, daß ein Mann wie Hittorf mit seiner ausgesprochenen Neigung und Begabung für experimentelle Forschung mit einer rein mathematischen Arbeit promovieren mußte, weil ihm zur experimentellen Betätigung keine Gelegenheit geboten war. Diese verschaffte dem jungen Doktor erst das persönliche Entgegenkommen Plückers, dessen Interesse für seinen Schüler sich bis zu seinem Tode über mehr als zwei Dezennien bewährte und noch in einer späteren gemeinsamen Arbeit zum Ausdruck kam.

Mit seiner ersten Experimentaluntersuchung, die er 1847 in Poggendorffs Annalen veröffent-

1) Die nachfolgenden Aufzeichnungen beruhen zum Teil auf persönlichen Erinnerungen und Erzählungen Hittorfs, zum Teil auf Mitteilungen seiner Freunde und Amtsgenossen. Unter diesen bin ich besonders Rudolf Sturm in Breslau verpflichtet, der von 1878 bis 1892 den mathematischen Lehrstuhl in Münster innehatte, mit Hittorf eng befreundet war, und der mir Aufzeichnungen seiner verstorbenen Frau über den Verkehr mit Hittorf in jener und späterer Zeit freundlichst zur Verfügung stellte. Ein Teil derselben ist auch im Druck erschienen (Lebenserinnerungen einer Professorenfrau von Adelheid Sturm geb. Deinhardt, Breslau o. J.).

Ein Bild von Hittorf befindet sich in dieser Zeitschr. **13**, 841, 1912.

1) Ein Auszug aus der Dissertation erschien in Crelles Journ. **38**, 89—92, 1847.

lichte, über „die Bildung einer blauen Oxydationsstufe des Platin sowie einiger anderen Oxyde der edlen Metalle auf galvanischem Wege“[1]), betrat Hittorf schon die Bahn, die ihn zu einem der größten Erfolge seines Lebens führen sollte, das Gebiet der Elektrochemie, das ihn bis in seine letzte Arbeitszeit und zwanzig Jahre lang fast ausschließlich beschäftigte. Nicht nur für seine Arbeitsrichtung, sondern auch für seine äußere Lebensstellung sollte die Verbindung von Physik und Chemie, mit der er seine Experimentalforschung einleitete, bald entscheidend werden.

Um diese Zeit suchte die preußische Regierung einen Lehrer, der Physik und Chemie an der Akademie zu Münster in Westfalen lehren und zugleich katholisch sein sollte. Auf Plückers Empfehlung wurde Hittorf gewählt, und seit dieser Zeit (1847) blieb sein Schicksal mit dem der westfälischen Hochschule eng verbunden. Letztere war ein Überbleibsel der früheren fürstbischöflichen Universität, die 1818 nach einem Bestehen von nahe vier Jahrzehnten von der preußischen Regierung zugunsten von Bonn aufgehoben, beziehungsweise auf eine katholisch-theologische und eine philosophische Fakultät mit sehr beschränkten Befugnissen eingeengt worden war; und auch dieser Rest wurde arg vernachlässigt. Die früher bestehenden beiden Professuren für Physik und für Chemie ließ man nach dem Tode ihrer Inhaber eingehen und die beiden Fächer jahrelang durch einen Privatdozenten versehen.

Der Vorgänger von Hittorf, namens Schmedding, scheint die Sache nach dreizehnjähriger Tätigkeit und nach Ablehnung eines Antrags der Fakultät, ihn zu befördern, als aussichtslos aufgegeben zu haben.

Die Fakultät wünschte Wiederbesetzung der Professur und machte weitere entsprechende Vorschläge, die das Ministerium abermals ablehnte. In dem Bescheid heißt es dann weiter[2]): „Dagegen hat der Herr Minister seine Aufmerksamkeit auf den in allen Beziehungen ausgezeichnet empfohlenen Dr. Hittorf gerichtet. — Da Dr. Hittorf bisher noch kein akademisches Lehramt bekleidet, sondern nur den Unterricht im naturwissenschaftlichen Seminare, hier aber mit entschiedener Auszeichnung erteilt hat, so will er sich hier (in Münster) im Herbst zuerst als Privatdozent habilitieren, was auch den Wünschen und Absichten des Herrn Ministers entspricht.“ Auf einen Protest der Fakultät, die eine bereits länger bewährte Lehrkraft wünschte und darauf hinwies, daß beim Fehlen eines Fachprofessors in Münster eine Habilitation dort ausgeschlossen sei, wurde weiter entgegnet: „Was die Habilitation des Hittorf betreffe, so werde er sie bei der philosophischen Fakultät in Bonn bewirken, was auch an sich in Ermangelung eines ordentlichen Professors bei der Fakultät in Münster für dieses Fach angemessen erscheine.“

Hittorf habilitierte sich daher in Bonn am 11. August 1847 mit einer von Demonstrationen begleiteten Vorlesung, durch die er der Fakultät die Ergebnisse seiner ersten Experimentaluntersuchung „über die Bildung einiger Oxyde der edlen Metalle auf galvanischem Wege“ mitteilte.

In dem darüber aufgenommenen Protokoll heißt es nach der oben angeführten Mitteilung von Herrn G. C. Schmidt: „Er führte darin aus, und erläuterte es durch in Gegenwart der Fakultät angestellte Versuche, daß, wenn Sauerstoffsalze, deren Basis ein Alkali ist, am besten die salpetersauren Salze, in feuerflüssigem Zustande durch den galvanischen Strom zersetzt werden, der negative Pol, aus welchem Metalle er bestehen möge, stark oxydiert werde.

„Platin gibt unter diesen Umständen ein bisher unbekanntes blaues Oxyd, Gold das grüne Oxydul und das violette Oxyd. Zugleich bewies er, daß die Oxydation durch die Bildung der Superoxyde des Alkalimetalles bewirkt werde.

„Diese Vorlesung erregte das lebhafteste Interesse der Anwesenden, und es knüpfte sich daran ein Gespräch über die Ursachen dieser Erscheinungen, über die daraus zu ziehenden Folgerungen und über die mutmaßliche Zusammensetzung des neuen Platinoxydes, an welchem vorzüglich die Herren Noeggerath, Bischof und Plücker teilnahmen, und worin Dr. Hittorf seine gediegenen Kenntnisse und seinen Scharfsinn bekundete, sowie die Anstellung der Versuche seine praktische Fertigkeit in Behandlung der Instrumente bewiesen hatte.

„Die Fakultät war der Ansicht, daß Dr. Hittorf den Habilitationsforderungen vollständig genügt habe und mit Erfolg Vorlesungen sowohl über theoretische als auch experimentelle Physik und Chemie halten werde.“

Dieses für den jungen Forscher so ehrenvolle und bezeichnende Urteil durfte auch hier nicht übergangen werden.

Gleich nach der Habilitation siedelte Hittorf nach Münster über und begann dort die Tätigkeit, die sein Lebenswerk ausmachen sollte.

Was ihn erwartete, war, wie schon aus dem oben Erwähnten hervorgeht, nicht beneidenswert. Als Entgelt für die umfassende Lehrtätigkeit bezog er ein Gehalt von 350 Taler, wozu noch etwa 50 Taler für sächliche Ausgaben, Unterhaltung und Ergänzung der Apparate usw.,

1) Pogg. Ann. 72, 481, 1847.

2) G. C. Schmidt, Festschrift der med.-natur. Ges. in Münster für die 84. Vers. D. Naturf. u. Ärzte, Münster 1912, S. 13.

kamen. Assistenten und Diener gab es nicht, und es bedurfte der ganzen Bescheidenheit, Anspruchslosigkeit und Tatkraft, die Hittorf in so hohem Maße auszeichneten, um mit diesen dürftigen Mitteln nicht nur auskommen, sondern auch Großes leisten zu können. Wie groß seine Anspruchslosigkeit war, erhellt am besten daraus, daß er von den geringen persönlichen Bezügen im ersten Jahre noch 40 Taler ersparen konnte, die er in hochherziger Weise zur Ausstattung eines Freundes beitrug, der mit dem Afrikaforscher Barth an den Tsadsee ging und von dort nicht wiederkehrte.

Die ihm aufliegende Arbeitslast war zudem gewaltig; schon allein die Ausarbeitung der Vorlesungen für zwei große Fächer, Physik und Chemie, die er auf die beiden Semester eines Jahreskurs verteilte, hätte eine normale Arbeitskraft völlig in Anspruch genommen; dazu galt es aber auch noch die Hilfsmittel für die unentbehrlichen Demonstrationen fast aus dem Nichts neu zu schaffen. Die einzige Hilfe, die er dabei hatte, war ein Pfeifendrechsler, der den Mechaniker ersetzen mußte; statt des teuren und schwer zu verarbeitenden Messings mußte Zink genommen werden.

Während des ersten Winters wurde ihm vorübergehend auch noch die Verwaltung des naturhistorischen Museums aufgeladen; und dann kamen die unruhigen Zeiten des Jahres 1848. Hittorf mußte seine Bürgerpflicht als Mitglied der Bürgerwehr erfüllen, und wenn diese Pflicht auch keine schweren Opfer verlangte, so kostete sie doch Zeit.

Man kann danach die Last der Aufgabe ermessen, die dem 24jährigen jungen Dozenten zugefallen war. Aber unverzagt und unermüdlich ging er an ihre Bewältigung.

Die Vorlesungsverzeichnisse der Akademie aus jener Zeit[1]) geben uns einen Einblick in Hittorfs vielseitige Tätigkeit. Neben zwei großen Hauptvorlesungen, die mit wechselnder Stundenzahl (4—6 wöchentlich) regelmäßig wiederkehren über Experimentalphysik im Sommer und Experimentalchemie im Winter, finden sich da aufgeführt kleinere physikalische Sondervorlesungen über einzelne Teile (Elektrizität, Magnetismus, Galvanismus, Optik, Wärme), einmal auch über die Theorie der Elektrizität — vermutlich sind auch die anderen Vorlesungen vorwiegend theoretisch gewesen — im Winter und eine größere Vorlesung über analytische Chemie im Sommer, an deren Stelle von 1852 ab chemisch-analytische Übungen traten, so daß in jedem Semester beide Fächer vertreten waren. Einige Male im W.-S. 1850/1 und 1853/4 werden — ein damals höchst seltener Fall — auch physikalische Übungen angezeigt. Daß es so selten geschah, mag wohl durch die geringe Zahl von Teilnehmern bei dem schwachen Besuch der Akademie in jener Zeit bedingt gewesen sein.

Zwar wurde Hittorf schon von 1849 ab als Vorsteher des chemischen Laboratoriums geführt, aber erst von 1853 ab findet sich unter den Lehrinstituten der Akademie aufgeführt: „Apparatus physicus et Laboratorium chemicum". In diesem Jahre erfolgte auch Hittorfs Ernennung zum Vorsteher des physikalischen Kabinetts, das vorher als „mathematisch physikalisches Kabinett" dem Professor Gundermann unterstellt war.

Die Räume für den Physikunterricht befanden sich anfangs nicht im Akademiegebäude, dem alten Jesuitenkolleginm, in das sie erst später verlegt wurden, sondern im mittleren Stockwerk des benachbarten Paulinischen Gymnasiums und bestanden aus einem Hörsaal, einem Saal für die Aufbewahrung der Instrumente und einem Laboratorium. Das letztere muß nicht heizbar gewesen sein, denn Hittorf erzählte später noch, daß er seine Versuche oft im Winter habe abbrechen müssen, weil er nicht die erforderliche Temperatur erhalten konnte. Aber es war ja damals überall an deutschen Hochschulen dieselbe Armseligkeit.

Nachdem so der Unterricht in geregelte Bahnen gelenkt und leidliche Arbeitsbedingungen geschaffen waren, konnte sich Hittorf wieder seinen wissenschaftlichen Untersuchungen zuwenden, deren erste Früchte aus dieser Zeit zwei Abhandlungen in Poggendorffs Annalen vom Jahre 1851 brachten[1]).

In diesen Abhandlungen zeigt sich, daß außer J. Plücker noch ein zweiter Physiker, dieser freilich ohne persönliche Berührung, einen mächtigen Einfluß auf den jungen Forscher ausgeübt hat: Michael Faraday.

Nicht nur äußerlich knüpft er unmittelbar an Beobachtungen Faradays über die elektrische Leitfähigkeit von Schwefelsilber an, sondern die Methode der Untersuchung, wie die Art der Darstellung atmen auch ganz den Geist Faradays.

Das Schwefelsilber zeigt nach Faraday zwei verschiedene Arten elektrischer Leitfähigkeit. Hittorf zeigt, daß dasselbe auch für die Verbindungen des Kupfers und Schwefels gilt, und daß die hier obwaltenden Verhältnisse durchsichtiger als beim Schwefelsilber sind. Er gibt zunächst eine scharfe Definition der beiden

1) Für die freundliche Besorgung von Auszügen daraus habe ich Frau J. Detmer in Münster herzlichst zu danken.

1) Pogg. Ann. **84**, 1—27 und 214—220. 1851.

Arten von Leitvermögen und ihrer Unterscheidungsmerkmale — der metallischen und der elektrolytischen, wie er sie treffend im Gegensatz zu der üblichen nichtssagenden Bezeichnungsweise (Leiter 1. und 2. Klasse) nennt, die noch lange — bis in unsere Tage hinein — in den Lehrbüchern spukte.

Hittorf zeigt, daß von den beiden bekannten Verbindungen von Kupfer und Schwefel (Cu_2S und CuS, dem Halbschwefelkupfer und dem Einfach-Schwefelkupfer) das erstere (ebenso wie Schwefelsilber) weit unterhalb des Schmelzpunktes ein mit wachsender Temperatur stark ansteigendes elektrolytisches Leitvermögen, das letztere dagegen ein metallisches (mit steigender Temperatur abnehmendes) Leitvermögen zeigt.

Eben mit Hilfe dieser Eigenschaft kann er dann weiter den Nachweis liefern, daß die eine Verbindung in die andere übergeht — je nach der Temperatur in verschiedenem Maße, und daß es sich dabei um ein Gleichgewicht handelt, das von beiden Seiten erreicht werden kann. „Demnach zersetzt sich" — bei Glühhitze — „ein Teil des Halbschwefelkupfers in freies Kupfer und Einfach-Schwefelkupfer. Merkwürdigerweise geschieht dies in derselben Temperatur, in der letzteres bereits zerfällt".

Hat Hittorf also hier eins der bedeutendsten Probleme der modernen physikalischen Chemie angeschnitten, das der chemischen Gleichgewichte (die klassische Arbeit von Guldberg und Waage hierüber erschien erst 16 Jahre später), so wendet er sich in der folgenden Arbeit einem nahe verwandten, nicht minder wichtigen zu, dem der allotropen Zustände und ihrer wechselseitigen Übergänge. Als Versuchsobjekt diente das auch in anderer Hinsicht so interessante Selen. Er fand die Verschiedenheit des Schmelzpunktes von amorphem und kristallinischem Selen und untersuchte die Bedingungen des Übergangs der einen Form in die andere, die, wie er zeigte, bei einer bestimmten Temperatur sich vollzieht und von einer bestimmten Wärmetönung begleitet ist, wodurch die Analogie mit Aggregatzustandsänderungen nachgewiesen war.

Diese Arbeiten und der wachsende Lehrerfolg trugen Hittorf im Jahre 1852 auf Antrag der Fakultät die Ernennung zum a. o. Professor, sowie eine Gehaltserhöhung auf 450 Taler ein; und nun begann die große Reihe von Untersuchungen[1]) „über die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse", die in den klassischen Bestand der physikalischen Weltliteratur eingegangen sind, und bezüglich deren ich mich auf die Hervorhebung der Hauptgesichtspunkte beschränken kann.

Auch hier schließt sich Hittorf eng an Faraday an. Man wußte, daß die Elektrizitätsleitung in Elektrolyten konvektiv durch elektrisch geladene Teilmoleküle (die Ionen) bewirkt wird, die mit positiven und negativen Ladungen versehen längs der elektrischen Kraftlinien in entgegengesetzter Richtung fortgeführt werden, und Faraday hatte durch seine quantitative Erforschung dieser Erscheinung den Zusammenhang zwischen der Stromleitung und der chemischen Stromwirkung, die dabei auftritt, sicher festgelegt, aber doch noch manche Frage unbeantwortet gelassen. Man wußte weder etwas Sicheres über die Geschwindigkeiten, mit denen die Ionen fortschreiten, noch — von einigen einfachen Fällen abgesehen — von ihrer Natur und Zusammensetzung; bezüglich der letzteren gingen die Anschauungen stark auseinander, und hinsichtlich der ersteren nahm man meist stillschweigend die Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt geladenen Ionen als gleich an.

Hier setzen Hittorfs Untersuchungen ein. Er wies zuerst nach, daß die letztere Annahme unvereinbar ist mit gewissen Tatsachen, nämlich mit den bei längerem Stromdurchgang meist auftretenden Konzentrationsverschiebungen (der „Überführung" von Salz) in der elektrolysierten Lösung, und er zeigte, daß man gerade mit Hilfe dieser Konzentrationsverschiebungen das Geschwindigkeitsverhältnis der beiden Ionen bestimmen könne; ein großer Teil der weiteren Untersuchungen ist der Festlegung dieser wichtigen Größe für eine große Anzahl verschiedener Ionen und bei den verschiedensten Versuchsbedingungen gewidmet.

Damit war nach Faradays erstem ein wichtiger zweiter Schritt getan auf der Bahn, die zur vollständigen Erkenntnis der bei der elektrolytischen Stromleitung obwaltenden Verhältnisse führte. Den dritten machte später F. Kohlrausch, als er sein Gesetz von der unabhängigen Wanderung der Ionen auffand und begründete, und den letzten S. Arrhenius mit der Aufstellung seiner Theorie der elektrolytischen Dissoziation gelöster Salze.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß schon frühere Untersuchungen über die Überführung vorlagen; aber diese hatten die zu lösenden Fragen mehr verwirrt als geklärt, teils durch fehlerhafte Versuchsanordnung, teils durch falsche Auffassung und Deutung der Ergebnisse; denn in der Art, wie Hittorf diese Irrtümer nachwies und vermied, zeigt sich der ganze Scharfsinn und die Experimentierkunst des Meisters.

1) Pogg. Ann. **89**, 177—211, 1853; **98**, 1—33, 1856; **103**, 1—59, 1858; **106**, 337—411 und 513—586, 1859. Wiederabdruck in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften Nr. 21 und Nr. 23, 1891.

So hatte Bunsen behauptet, daß die Überführung abhängig von der Stromstärke sei; Hittorf wies unwiderleglich nach, daß das nicht der Fall ist, und daß die Behauptung Bunsens nur auf unrichtiger Deutung der eigenen ganz richtigen Versuchsergebnisse beruhe. Er betont die Notwendigkeit bei den Vorgängen der Elektrolyse in schärferer Weise, als es bis dahin meist geschehen war, zwischen primären und sekundären Vorgängen zu scheiden; und hiermit kommen wir zu einem zweiten wichtigen Hauptpunkt in Hittorfs Untersuchungen, nämlich zu den in engem Zusammenhang hiermit stehenden Fragen nach der chemischen Natur der Ionen und nach der Beziehung zwischen chemischer Stromwirkung und chemischer Affinität.

Um den hier von Hittorf erreichten Fortschritt voll zu würdigen, muß man sich erinnern, daß die elektrochemische Wissenschaft noch stark im Banne der Berzeliusschen Anschauungen stand, der als die bei der Elektrolyse in Betracht kommenden Bestandteile der Salze ein basisches und ein saures Oxyd (Säureanhydrid), z. B. CuO und SO_3 annahm und der Meinung war, aus der elektrischen Leitfähigkeit die Stärke der chemischen Affinität herleiten zu können; erinnern muß man sich auch, daß in jenen Jahren die Radikal- und die Typentheorie in der Chemie erst allmählich von der Valenztheorie verdrängt wurde.

Hittorf mußte seine neuen, jetzt wohlbekannten und allgemein geltenden Anschauungen, die Scheidung der elektrolytischen Verbindungen in das elektropositive metallische Kation und den negativen Säurerest als Anion gegen lebhaften Widerspruch fast aller auf diesem Gebiet arbeitenden Forscher — Physiker und Chemiker — verfechten; von seinen Gegnern seien hier nur Berzelius, E. Becquerel, Magnus, R. Kohlrausch, G. Wiedemann, in einzelnen Punkten auch Clausius und selbst Faraday neben dem schon erwähnten Bunsen angeführt.

Sehr bezeichnend ist auch, daß die 1863 erschienene 2. Auflage eines der ersten deutschen Lehrbücher der „physikalischen und theoretischen Chemie" von Buff und Kopp[1]) (der Mitherausgeber der 1. Auflage Zamminer war gestorben) die im vorhergehenden Jahrzehnt erschienenen Hittorfschen Arbeiten mit keiner Silbe berührt, obwohl sie in der zwei Jahre zuvor im gleichen Verlag erschienenen Monographie von G. Wiedemann über den „Galvanismus" ziemlich ausführlich besprochen sind.

Immer wieder wurde Hittorf zur Verfechtung seiner Anschauungen in ausgedehnter Polemik gezwungen, die von ihm in ebenso scharfsinniger, wie vornehm sachlicher Weise geführt wurde, und immer wieder mußte er die Gegner auf die Widersprüche ihrer Anschauungen mit der Erfahrung hinweisen, insbesondere mit den Tatsachen, daß das Ohmsche Gesetz für die Elektrolyte streng gültig ist, und daß die Überführung unabhängig ist von der Stromstärke und Stromdichte, also über die chemische Affinität nichts aussagen kann. Sodann zeigte er, daß die irrigen Anschauungen zumeist auf eine ungenügende Scheidung zwischen der primären Stromwirkung im Innern des Elektrolyten und sekundären chemischen Prozessen an den Elektroden unter Beteiligung des Lösungsmittels zurückzuführen seien. Gerade die klare Erkenntnis dieses Umstandes hat ihn zu seinem Erfolge, zu seiner so einfachen, umfassenden und einheitlichen Darstellung der anscheinend so verwickelten Verhältnisse bei der Elektrolyse geführt.

Als Belege seien einige besonders bezeichnende Stellen aus Hittorfs Arbeiten hier wörtlich mitgeteilt.

„In der ersten Mitteilung zeigte ich . . ., daß die Zahlen für die Überführungen unabhängig von der Stromstärke sind." „Ich habe im Laufe der Zeit vielfach Gelegenheit gefunden, mich von der Richtigkeit dieses Gesetzes zu überzeugen, ohne welches meine Arbeit wertlos wäre. Ich halte das Gesetz für wichtig und, was die Elektrolyse der Lösungen betrifft, für fundamental. Es steht im Widerspruche mit einer sehr verbreiteten Auffassung des Vorganges bei der Elektrolyse, welche Prof. Bunsen am bestimmtesten ausgesprochen hat. „„Darnach übt die Dichtigkeit des Stromes . . . den wichtigsten Einfluß auf die chemischen Wirkungen aus. Mit dieser Dichtigkeit wächst die Kraft des Stromes, Verwandtschaften zu überwinden"".

„Es liegt kein Beispiel vor, daß der Strom ein geschmolzenes Salz, dessen Konstitution die Möglichkeit eines sekundären Prozesses ausschließt, in die Säure und Basis spaltet; immer tritt die Zerlegung so ein, daß Metall an der Kathode, Säure und Sauerstoff an der Anode erscheinen. So lange ein solches Beispiel nicht nachgewiesen, sind wir nicht berechtigt, die Entstehung der Oxyde, die wir in Lösungen beobachten, in jener Weise zu interpretieren, sondern müssen sie als sekundäre Produkte, wie Faraday in vielen analogen Fällen zuerst gezeigt, ansehen." „Die Elektrolyte und ihre Lösungen unterscheiden sich in ihrem Verhalten gegen den elektrischen Strom in keiner Weise von den Metallen, sobald wir von dem eigentlichen Vorgange, der für beide so verschieden in die äußere Erscheinung tritt, abstrahieren. Die Wärme, welche

1) Als 1. Band von Graham-Ottos Lehrbuch der Chemie.

durch die Elektrizität in ihnen erregt wird, die Wirkungen, welche alsdann nach außen eintreten, sind in beiden durch dieselben Gesetze geregelt. In allen genaueren Untersuchungen zeigten sich die Elektrolyte dem Ohmschen Gesetze unterworfen; die Schwächung, welche durch ihre Einschaltung in die Kette die Stromstärke erfährt, war leicht, sobald man die Polarisation berücksichtigte, auf einen Widerstand zurückzuführen, für welchen dieselben Beziehungen wie bei den metallischen Leitern sich gültig zeigten."

„Faraday hat ... ferner geschlossen, daß die Intensität, bei welcher ein Strom aufhört zu zersetzen, nicht gleich sei für alle Elektrolyte, daß sie im allgemeinen mit der Verwandtschaft, die zwischen ihren Ionen besteht, wachse." — „Er hielt die Zersetzbarkeit der Elektrolyte für verschieden, und ordnete sie in eine Reihe, in der IK, $ClAg$, $ClSn$, $ClPb$, verdünnte Salzsäure und Schwefelsäure sich folgen. Diese Deutung der Erscheinung wird noch vielfach festgehalten und IK, sowie die Silbersalze werden als die am leichtesten zu zersetzenden Elektrolyte betrachtet. Sie ist aber entschieden unrichtig."

„Viele Beispiele treten uns entgegen, wo die Zersetzungsprodukte mit der Stromdichtigkeit verschieden ausfallen. Sie haben Bunsen veranlaßt, dieser Stromdichtigkeit den größten Einfluß auf die chemischen Verwandtschaften zuzuschreiben. Mit derselben soll die Kraft des Stromes wachsen, Verwandtschaften zu überwinden."

„Die Verschiedenheit in den Zersetzungsprodukten läßt sich aber in solchen Fällen ungezwungen als eine sekundäre Erscheinung erklären, die durch die Reaktion der vom Strome ausgeschiedenen Ionen auf das Lösungsmittel eintreten muß und ausbleibt, sowie jenen die Fähigkeit, dasselbe zu zersetzen, abgeht."

„Den Beweis, daß von den beiden Deutungen nur die meinige gestattet ist, sehe ich in dem Gesetze, welches ich für die Überführung in der ersten Mitteilung angegeben, und welches sich überall gültig gezeigt. Die Zahlen für die Überführung sind nämlich von der Stromdichtigkeit unabhängig; das würde unmöglich, wenn die andere Auffassung die richtige wäre."

„Die Widerstände, welche für die wässerigen Lösungen von Elektrolyten vorliegen, gehen auch nicht entfernt parallel der Kraft, mit welcher die Chemie ihre Ionen verbunden annehmen muß. So leiten die Salze der Alkalien, für welche die Verwandtschaft am größten ist, viel besser unter gleichen Lösungsverhältnissen, wie die des Zinks und Kupfers."

„Die Ionen, welche wir [in Gemischen] wahrnehmen, sind ... nicht alle identisch mit denjenigen, welche der Strom ausgeschieden, sondern teilweise sekundäre Produkte. Das Ion von stärkerer Verwandtschaft erscheint deshalb nicht, weil es sogleich den Elektrolyten, dessen Ionen von schwächerer Verwandtschaft sind, und der in der Nähe der Elektrode ist, zersetzt und dadurch eine äquivalente Menge des schwächeren Ions frei macht."

„Für mich hat die Tatsache, daß der Widerstand der Elektrolyte in gar keiner Beziehung zur chemischen Verwandtschaft ihrer Ionen steht, nichts Auffallendes. Letztere kommt nämlich deshalb bei dem Vorgange nicht in Betracht, weil die Kraft, welche zur Trennung der Bestandteile eines Moleküls verwendet wird, unverändert bei der darauf erfolgenden Vereinigung wiedergewonnen wird. Die Verwandtschaftskräfte können sich bei der Elektrolyse nur in den Gegenströmen der frei werdenden Ionen oder allgemein in den elektromotorischen Kräften geltend machen."

Alle diese Erkenntnisse gehören für uns schon seit langem zu dem sicheren Boden, auf dem wir weiter bauen. Hittorf aber mußte ihn sich erst Schritt für Schritt erkämpfen.

Am Schluß der dritten Abhandlung von 1858 kündet er noch eine bedeutsame Entdeckung an, die er im folgenden Jahr ausführlicher begründete, und die, abermals auf lebhaftesten Widerspruch und Unglauben stoßend, erst in neuerer Zeit in ihrer vollen Bedeutung gewürdigt wurde, die Entdeckung der Komplexionen und damit eines Zugangs in das wichtige Gebiet der Molekularverbindungen.

„Ich habe absichtlich bis jetzt nur solche Fälle der Elektrolyse veröffentlicht, welche den herrschenden Ideen entsprechen. Früh stieß ich aber auf einen Elektrolyten, dessen beide Ionen ganz entgegen denselben, nicht mehr nach entgegengesetzten Richtungen getrieben werden, sondern nach demselben Pole, und zwar nach der Anode wandern, obgleich sie an verschiedenen ausgeschieden werden."

Indem er die ausführliche Beschreibung dieser auffälligen Erscheinung für die nächste Zeit verspricht, schließt er mit der ergreifenden Bemerkung:

„Ich bedaure sehr, daß die Zeit, welche meine Berufsgeschäfte mir lassen, und die ungünstigen Verhältnisse, unter denen ich diese Arbeit ausführte, mir nicht gestatteten, dieselbe schnell zu beendigen."

Inzwischen hatte er — 1856 — die erste und einzige Berufung an eine andere Hochschule, die Universität Bern, als Ordinarius erhalten. Er lehnte sie ab, nachdem ihm der preußische Unterrichtsminister die Beförderung zum Ordi-

narius auf Fürsprache der Fakultät zugesagt hatte. Das betreffende Gutachten derselben lautete[1]): „Über die wissenschaftliche Tüchtigkeit und die ganze wissenschaftliche Haltung des Professors Dr. Hittorf können wir uns nur auf das Günstigste aussprechen; wir sind überzeugt, daß er auf der betretenen Bahn fortschreitend, bald eine hervorragende Stellung in seinem Fache einnehmen wird. Der Beschäftigung mit seiner Wissenschaft und der Forschung nach neuen Ergebnissen unausgesetzt und ausschließlich, selbst mit fast zu großer Zurückziehung von aller Berührung mit dem äußeren Leben ergeben, hat er schon jetzt Leistungen zu Tage gefördert, welche durch ihre Subtilität und Gediegenheit sich die Anerkennung ihrer Fachgenossen in hohem Grade erworben haben."

Am 19. August 1856 wurde er zum ordentlichen Professor der Physik und Chemie ernannt, und noch mehr als zwei Jahrzehnte lang hat er die schwere Belastung der doppelten Lehrverpflichtung tragen müssen.

Die elektrolytischen Untersuchungen waren gegen Ende der fünfziger Jahre abgeschlossen; aber noch zwanzig Jahre später mußte er die von ihm gefundenen Grundwahrheiten gegen erneute Angriffe in einer ausführlichen Polemik[2]) gegen Bleekrode verteidigen, und noch in den letzten Experimentaluntersuchungen seines Alters griff der fast Achtzigjährige berichtigend, erweiternd und durch neue Entdeckungen sie bereichernd auf die Arbeiten seiner Jugend zurück.

Über deren äußeren Erfolg — oder vielmehr Mißerfolg — und seine Ursachen hat er sich viele Jahre später selbst einmal öffentlich ausgesprochen[3]):

„Meine elektrolytischen Arbeiten fallen in die fünfziger Jahre, in eine Zeit, wo das Interesse der Chemiker bereits vorwiegend der organischen Chemie zugewandt war. Sie blieben in diesen Kreisen über zwei Jahrzehnte unbeachtet. In der bekannten „Einleitung in die moderne Chemie", welche in den siebziger und achtziger Jahren viele Auflagen erfuhr, können Sie große Schnitzer bezüglich elektrolytischer Verhältnisse finden."

„In den siebziger Jahren mußte ich mehrmals mit einem bereits verstorbenen Forscher, den die organische Chemie als einen ihrer Pfadfinder betrachtet, persönlich verkehren. Ich benutzte die Gelegenheit, ihn auf die Zustände, in welchen die Ionen der Salze in ihren wässerigen Lösungen gemäß den Gesetzen der Elektrolyse sich befinden müssen, und welche mit den herrschenden Verwandtschaftstheorien in vollständigem Widerspruche stehen, aufmerksam zu machen. Allein es war mir unmöglich, mich mit ihm zu verständigen. Er kam immer mit den Ideen, welche er aus der organischen Chemie in die unorganische überführen wollte. Er erzählte mir, daß er dem damaligen Vertreter der Universitäten im preußischen Unterrichtsministerium den Vorschlag gemacht, sein Laboratorium mit jährlich 15000 Taler auszustatten, um eine genügende Anzahl Assistenten besolden zu können. Er mache sich anheischig, die ganze unorganische Chemie zu reformieren. Ich war sehr neugierig. Näheres hierüber zu erfahren; aber seine Angaben beschränkten sich auf weniges, das die Rolle des Wassers in den Salzen betraf."

Nach Beendigung dieser umfassenden und bedeutungsvollen Untersuchungen über die Wanderung der Ionen während der Elektrolyse wandte sich Hittorf noch einmal dem Studium der allotropen Zustände zu, diesmal beim Phosphor. In einer im Jahre 1865 erschienenen Schrift „Zur Kenntnis des Phosphors"[1]) sind die Ergebnisse dieser Untersuchung niedergelegt, bei der er eine neue, kristallinische Form des metallischen (roten) Phosphors auffand, verschiedene Methoden zu ihrer Darstellung angab, ihre Stabilitätsbedingungen, sowie die Umwandlungsbedingungen in die anderen Formen eingehend untersuchte und eine große Fülle neuer Erfahrungen mitteilte.

Fast gleichzeitig aber wurde er auf ein neues Arbeitsgebiet geführt, das seiner schöpferischen Kraft Gelegenheit zur höchsten Betätigung bot und seinem Ruhmeskranze neue unvergängliche Lorbeeren hinzufügte: das Gebiet der elektrischen Gasentladungen.

Die Anregung dazu verdankte er seinem Lehrer J. Plücker, der mit Spektraluntersuchungen an den von ihm erfundenen, nach dem Verfertiger Geißler benannten elektrischen Entladungsröhren beschäftigt, das Bedürfnis nach einem chemisch erfahrenen Mitarbeiter und Ratgeber empfand und daher Hittorf zu gemeinsamer Arbeit heranzog; der weitaus größere Teil der Ausführung ist dabei Hittorf zugefallen.

Ihre Ergebnisse wurden in zwei kürzeren vorläufigen Mitteilungen 1863 dem naturhistorischen Verein der Rheinlande[2]), in einer aus-

1) Nach G. C. Schmidt, a. a. O.

2) Wied. Ann. **4**, 374–416, 1878. Diese Mitteilung erhebt sich aber weit über den Rang einer bloßen Polemik, gibt eine mustergültige Übersicht über den Stand der elektrochemischen Forschung und Theorien um 1850 und über das, was Hittorf selbst hierin geleistet hat, und ist heute noch von hohem, besonders historischem Interesse.

3) Die anorganische Chemie und ihre Pflege. Bericht der Deutschen elektrochemischen Gesellschaft erstattet. Zeitschr. f. Elektrochemie 1899.

1) Pogg. Ann. **126**, 103–227, 1865.

2) J. Plücker und W. Hittorf, Neue Untersuchungen

führlichen 1865 der R. Society in London[1]) mitgeteilt.

Es wird hierin zum erstenmal der Nachweis geliefert, daß dieselben Gase unter verschiedenen Versuchsbedingungen völlig verschiedene Spektra, „die auch nicht zwei Linien miteinander gemein haben", aussenden, und die Entstehungsbedingungen dieser Spektren werden eingehend untersucht. Hittorf sah auch in diesen mehrfachen Spektren einen Nachweis für das Auftreten verschiedener allotroper Zustände der lichtaussendenden Materie, eine Auffassung, die, richtig verstanden, heute weitverbreiteten Vorstellungen über das Wesen dieser eigenartigen Erscheinung jedenfalls sehr nahe steht. Die Arbeit enthält eine Fülle wertvollen Beobachtungsmaterials, aber ihre Bedeutung für die Wissenschaft liegt vor allem darin, daß sie Hittorf mit den eigenartigen elektrischen Entladungserscheinungen im Vakuum, insbesondere mit dem negativen Glimmlicht und seiner von Plücker entdeckten Veränderung durch magnetische Kräfte näher bekannt machte und zu ihrem eingehenden Studium anregte. Denn sie gab so die unmittelbare Veranlassung zu der bedeutendsten und epochemachenden Untersuchungsreihe Hittorfs, der „über die Elektrizitätsleitung der Gase".

In vier Abteilungen erschien sie in den Jahren 1869 bis 1884 in den Annalen der Physik[2]), und hat mehr als zwei Jahrzehnte der vollen wissenschaftlichen Hingabe ihres Urhebers in Anspruch genommen. Alle sind wieder gleicherweise ausgezeichnet durch die Fülle des beigebrachten neuen Beobachtungsmaterials, wie durch seine geistreiche Verarbeitung und Deutung. Will man aber einer den Vorrang vor den anderen zuerkennen, so ist es zweifellos die erste wegen der weittragenden Bedeutung, die sie in der Folgezeit für die Entwicklung der physikalischen Anschauungen gehabt hat.

Denn sie enthält die Entdeckung des größten Teils der uns heute so wohlbekannten, wunderbaren Eigenschaften und Wirkungen der Kathodenstrahlen oder „Glimmlichtstrahlen", wie Hittorf sie nannte: den Nachweis des abnorm hohen Kathodengefälles, der geradlinigen Ausbreitung der Kathodenstrahlen, die in Verbindung mit ihrer Absorption durch dichtere Materie zur Schattenbildung führt, der Fluoreszenz-, Wärme-, Zerstäubungswirkung und vor allem ihrer magnetischen Ablenkbarkeit, die bis ins einzelne festgelegt wird.

Ich kann mir nicht versagen, auch hier eine Anzahl Belegstellen anzuführen, die alle der ersten Mitteilung von 1869 entnommen sind.

„Das Glimmen ist offenbar der Prozeß, wodurch der Übergang des Stromes aus den Teilchen des gasförmigen Mediums in die der festen oder flüssigen Kathode vermittelt wird". Hier wird die Tatsache der Stoßionisation schon vorausgeahnt.

„Es ist der Widerstand der positiven Strombahn bei der großen Verdünnung zwar klein gegen denjenigen an der Kathode, aber doch nicht unendlich klein." „Der rätselhafte Widerstand an der Kathode ist durch Verhältnisse bedingt, die nicht allein unmittelbar an der Oberfläche ihren Sitz haben, sondern sich, wie die Wärmewirkung zeigt, über die ganze Umgebung erstrecken."

Einer Beschreibung des bekannten klassischen Demonstrationsversuchs mit der Hittorfschen Umwegröhre folgt die Bemerkung: „Dadurch ist dargetan, daß das Hindernis für die Bildung des positiven Lichtes in keiner Weise von dem Glimmlichte hervorgerufen wird, sondern unabhängig von demselben in der Umgebung der Kathode besteht." Am Schluß der Abhandlung steht noch der auch hierher gehörige Satz: „Es ist wahrscheinlich, daß die Umgebung der Kathode nicht allein Sitz eines Widerstandes ist, sondern auch elektromotorische Gegenkräfte entwickelt, welche zur Schwächung des Stromes beitragen." Es ist hervorzuheben, daß Hittorf, wie damals allgemein üblich, als „Widerstand" auch bei den Gasen das Verhältnis von Spannungsgefälle zu Stromstärke bezeichnet.

„Das negative Licht der Luft unterscheidet sich noch durch eine andere Eigentümlichkeit [außer durch die Farbe] von dem positiven. Es erregt, wenn seine Temperatur sehr hoch wird, lebhafte Fluoreszenz auf der Oberfläche des Glases, welches von ihm berührt wird, während das positive Licht dieses Mediums dieselbe nicht veranlaßt. Das gewöhnliche Glas leuchtet alsdann bekanntlich mit gelbgrüner, das bleihaltige mit blauer Farbe."

„Bei derselben Dichte des Mediums erstreckt sich das Glimmlicht um so weiter von der Kathode, je kleiner die Oberfläche derselben ist. Gleichzeitig wachsen die Spannungen, welche auf den Elektroden die nämliche Entladung erzeugt und die Fluoreszenz des Glases stellt sich lebhafter her."

„Jeder feste oder flüssige Körper, er sei Isolator oder Leiter, welcher vor der Kathode

über die Spektralanalyse. Verh. d. naturh. Ver. d. Rheinl. **20**, 39–42, 89—92, 1863.

1) J. W. Hittorf und J. Plücker, On the spectra of ignited gases and vapours, Phil. Trans. **155**, 1865; Neudruck zum 80. Geburtstage Hittorfs veranstaltet, Leipzig 1904.

2) 1. Pogg. Ann. **136**, 1—31 und 197—234, 1869; 2. Pogg. Ann. Jubel-Bd., 430—445, 1874; 3. Wied. Ann. **7**, 553—631, 1879 (Berichtigung dazu Wied. Ann. **8**, 671, 1879); 4. Wied. Ann. **20**, 705—755, 1883 und **21**, 90 bis 139, 1884.

sich befindet, begrenzt das Glimmlicht, welches zwischen ihm und letzterer liegt, es findet keine Abbiegung aus der geraden Richtung statt." „Am deutlichsten sieht man die geradlinige Fortpflanzung des Glimmens, wenn dasselbe von einer punktförmigen Kathode ausgeht und bei größerer Länge die Oberfläche des Glases zum Fluoreszieren bringt. Befindet sich unter solchen Verhältnissen irgendein Gegenstand in dem mit Glimmlicht erfüllten Raume, so wirft er einen scharfen Schatten auf die fluoreszierende Wand, indem er eben den Lichtkegel, der von der Kathode als Spitze um seine Oberfläche geht, davon ausschließt. Wir werden daher im folgenden von den geradlinigen Bahnen oder den Strahlen des Glimmens sprechen und jeden Punkt der Kathode als Spitze eines Strahlenkegels annehmen."

„Geschieht die Ausbreitung des Glimmens von den Punkten der Kathode geradlinig, so muß sie unabhängig von der Richtung des positiven Lichtes sein."

„Die Oberfläche des Aluminiums wird vom Glimmlicht aufgelockert . . . . Fast immer bedecken sich Drähte dieses Metalles, welche in einem verdünnten Medium längere Zeit als Kathoden gedient haben, auf größeren oder kleineren Strecken mit weißen Haaren von Tonerde, wenn die Luft . . . zugelassen wird. Diese Oxydierbarkeit bei niederer Temperatur besitzt bekanntlich das fein zerteilte Metall. Sie zeigt sich niemals, wenn das Aluminium Anode gewesen ist." „Die Zahl für das Verhältnis der Widerstände, welche das Glimmlicht bei der einfachen und halben Spannung desselben Mediums besitzt, bedingen außer der Dichte noch zwei andere Umstände, nämlich die verschiedene Temperatur und die Substanz der Kathode." „Bis jetzt habe ich diese Versuche nur mit einer kleinen Zahl von Metallen (*Al, Pt, Ag, Zn, Fe*) angestellt." „Es kommen nicht unbeträchtliche Unterschiede in den Widerständen des Glimmlichtes, welches bei derselben Spannungsdifferenz entsteht, vor. Der Widerstand am Aluminium ist der geringste und zwar mehr als viermal kleiner, wie derjenige bei Platin und Silber." „Platin und Silber gehören bekanntlich zu den Metallen, die vom negativen Lichte am stärksten zerstäubt werden, während Aluminium gar keine Absätze auf der umgebenden Glaswand gibt. Man wird daher geneigt sein, hierin die Ursache zu suchen und außer dem Widerstande mit Edlund elektromotorische Gegenkräfte für die Zerstiebung anzunehmen. Ich muß vorläufig diese Frage unentschieden lassen."

„Die möglichst evakuierten engen Röhren zeigen . . . außer dem . . . negativen Fluoreszenzlicht an dem äußersten Ende der Anode eine Lichthülle, aus der sich ein schöner Spiegel von fein verteiltem, fest anliegendem Platin auf der Glaswand absetzt. Leitet die Röhre einige Zeit den Strom, so erscheint dieses Ende ganz zerfressen. Auch erwärmt sich dasselbe und Drähte von der Dicke $^1/_2$ mm werden hier schwach glühend. Eine vollständige Umkehrung der Wärmeverhältnisse tritt daher . . . hier ein. Die Kathode, welche [bei höheren Drucken] mit Glimmlicht bedeckt stark erhitzt und zerstiebt wird, bleibt hier kalt und vollständig unversehrt." „In einer dieser Röhren erfolgte erst der Durchgang [der Entladungen eines großen Funkeninduktors], nachdem die Drähte des in dieser Nebenschließung befindlichen Ausladers den Abstand von 25 cm erhalten hatten. Der positive Draht erglühte auf dem äußersten Ende so heftig, daß dasselbe sogleich zu einer Kugel schmolz."

„Die Versuche führten zu dem Resultat, daß in der Umgebung der Kathode eigenartige Verhältnisse bestehen, welche die Fortpflanzung der Elektrizität in der Weise, wie sie im positiven Lichte vor sich geht, nicht gestatten und diesem Strome den Eintritt in die negative Oberfläche unmöglich machen. Es muß demnach vermutet werden, daß die Leitung daselbst durch den Vorgang des Glimmens erfolgt.

„In der Tat bewähren sich die Strahlen des negativen Lichtes in ihrem Verhalten gegen den Magnet, welches wir jetzt untersuchen wollen, als einfache Ströme, die, was ihre Richtung betrifft, in die Kathode aus der Umgebung fließen."

„Der Glimmstrahl verhält sich nämlich wie ein unendlich dünner, geradliniger, gewichtloser, steifer Stromfaden, der bloß an dem Ende, welches den negativen Querschnitt berührt, fest bleibt."

In diesen Sätzen, die durch die Beschreibung einer großen Zahl sinnreicher und glänzender Versuche erläutert und gestützt werden, ist bereits ein beträchtlicher Teil unserer heutigen Kenntnisse über die Kathodenstrahlen enthalten, und so muß man ihren Verfasser als den Begründer eines neuen Forschungsgebietes der Physik verehren, das in seinem weiteren Ausbau zu den Röntgen- und den Radiumstrahlen und damit zu den tiefsten Einblicken in das Innere der Natur geführt hat, die uns bisher vergönnt waren. Hittorf hat zum erstenmal, um einen Ausdruck von Lenard in seiner Nobel-Vorlesung zu gebrauchen, die „Elektrizität an sich", losgelöst von der Materie, an die sie sonst immer gebunden erscheint, vor die staunenden Augen des Beobachters gebracht.

Den Schluß der ersten Mitteilung bildet die Beschreibung einer Versuchsreihe über die sogenannte unipolare Elektrizitätsleitung der Flam-

mengase, die als Vorstudien bezeichnet werden[1]), und wieder klingt sie in eine Klage aus.

„Ich erkannte bald, als ich im vorigen Winter mich mit diesem Gegenstand zu beschäftigen anfing, daß die Form, welche Becquerel dem Gasbehälter gibt, eine unvorteilhafte ist und durch eine andere ersetzt werden muß, wenn übereinstimmende Resultate erhalten werden sollen. Leider kommen solche Gefäße, welche aus Porzellan bestehen müssen, im Handel nicht vor, und in der so ungünstigen Lage, in welcher ich meine Experimentaluntersuchungen ausführen muß, wollte es mir nicht gelingen, sie mir zu verschaffen."

Die Mitteilung ist vom 9. Oktober 1868 datiert, aber schon einige Jahre zuvor konnte Plücker auf einer Reise nach England dort Hittorfsche Entladungsröhren vorzeigen, die mit Hilfe der Geißlerschen Luftpumpe unter Erwärmen auf einen bis dahin unbekannten Verdünnungsgrad des Luftinhaltes gebracht waren und daher ganz neue Entladungserscheinungen zeigten. Im Frühling 1867 legte Plücker sie auch in Paris vor, und im Herbst desselben Jahres konnte Hittorf, beim Besuch der Pariser Weltausstellung, in Ruhmkorffs Werkstätte Versuche mit einem der größten damals vorhandenen Induktionsapparate an solchen Röhren anstellen.

Trotzdem war dieser Arbeit Hittorfs zunächst ein noch geringerer Erfolg beschieden als den früheren, die letzteren hatten wenigstens Widerspruch erfahren, diese wurde kaum beachtet, bis mehr als ein Jahrzehnt später Hittorf Veranlassung hatte, seine Priorität gegenüber englischen Aneignungsversuchen nachdrücklich geltend zu machen[2]).

Im Verlauf der Untersuchungen drängte sich Hittorf immer mehr die Notwendigkeit auf, zur Vereinfachung der Versuchsbedingungen eine konstantere Stromquelle als das Induktorium, und eine ergiebigere als die Influenzmaschine, zu benutzen, um weiter zu gelangen. Hierfür konnten nach dem damaligen Standpunkt der Technik nur vielzellige galvanische Batterien in Frage kommen, und zwar waren von den in Gebrauch befindlichen die Bunsenschen Zink-Kohle-Chromsäuretauchelemente zweifellos die geeignetsten, weil sie Ergiebigkeit mit beträchtlicher Konstanz und verhältnismäßig leichter Handhabung vereinigen. Da die Mittel zur Anschaffung einer solchen Hochspannungsbatterie fehlten, machte sich Hittorf unverdrossen an die Riesenarbeit, sie eigenhändig herzustellen, eine Arbeit, die damals noch viel größer war, als sie heute sein würde. Die Kohlenstäbe mußten aus größeren Stücken von Retortenkohle einzeln ausgesägt und passend bearbeitet, an den Enden galvanisch verkupfert und verzinnt und durch angelötete Kupferdrähte mit den Zinkstäbchen verbunden werden; zur Isolierung wurde noch auf jedem Kohle- und Zinkstab eine Glasröhre mit Siegellack aufgekittet, die mittels Korken in Brettern befestigt wurden. Nicht nur die Herstellung, sondern auch die Instandhaltung einer solchen Batterie erfordert unendliche Mühe und Zeitaufwand.

Im Jahre 1873 waren die ersten 400 Elemente fertig, und Hittorf konnte im Jubelband von Poggendorfs Annalen über erste Versuche damit berichten, die an die letzten Versuche der vorhergehenden Mitteilung anschließend, sich auch auf die unipolare Flammenleitung bezogen.

Die folgenden Jahre benutzte er zur Verdopplung der Elementenzahl, in derselben Herstellungsweise. Das Jahr 1876 führte ihn nach London zu der internationalen Ausstellung wissenschaftlicher Instrumente, wo auch mehrere seiner Entladungsröhren ausgestellt waren und prämiiert wurden, und hier fand er die von Carré für die elektrischen Bogenlampen hergestellten Kohlenstifte, die ihm die weitere Arbeit bei der Anfertigung von nochmals 800 Elementen, die Ende 1877 vollendet waren, wesentlich erleichterten; 1883 verfügte er über insgesamt 2400 Elemente.

Mit diesen, damals einzigen Mitteln konnte er nun ausgedehnte und genaue quantitative Messungen über die Gasentladungen ausführen, die auch einzig dastanden, weil sie ihm zunächst keiner nachzumachen imstande war. Die Ergebnisse sind in der zweiten bis vierten der oben angeführten Mitteilungen über die Elektrizitätsleitung der Gase, sowie in einer kürzeren polemischen Bemerkung[1]) in dem Jahrzehnt von 1874 bis 1884 veröffentlicht worden.

Eine vollständige Wiedergabe des außerordentlich reichen Inhalts, der Fülle von interessanten und zum Teil glänzenden Beobachtungen, die die verwickelten Erscheinungen nach

1) Hier findet sich der erste Nachweis der Erleichterung des Austrittes negativer Elektrizität durch Temperaturerhöhung der Kathode und durch Auftragen flüchtiger Salze auf dieselbe, also der Wegweiser zu den ein Menschenalter später erfundenen Wehneltkathoden.

2) Daß dieser Versuch gerade von einem Engländer ausging, konnte den Kundigen schon damals nicht erstaunen; war es doch von jeher die Gepflogenheit jener Nation, alles irgendwie Wertvolle an sich zu raffen. Beschämend ist nur, daß ein deutscher Übersetzer und ein deutscher Verleger diesem wissenschaftlichen Diebstahl Vorschub leisteten, ohne für den deutschen Eigentümer einzutreten, und grotesk wirkt es, wenn der Übeltäter sich jetzt zu den Schreiern über „deutsche Barbarei" gesellt. Das ist ein Teil des Satyrspiels, das die gewaltige Welttragödie unserer Tage begleitet.

1) Wied. Ann. 19, 73—77, 1883.

den mannigfachsten Richtungen hin erforschen und klar legen, würde hier zu weit führen. Ich muß mich darauf beschränken, einige Hauptpunkte hervorzuheben.

Von besonderer Bedeutung, weil wieder im scharfen Widerspruch zu der herrschenden Anschauung stehend, ist der erstmalig und unwiderleglich gelungene Nachweis, daß unter geeigneten Versuchsbedingungen (ausreichender Elektrizitätszufuhr) der Durchgang der Elektrizität durch Gase ebenso kontinuierlich erfolgt, wie durch metallische und elektrolytische Leiter. Wie auf drei verschiedene Weisen gezeigt wird, besteht zwischen der diskontinuierlichen und der stetigen Entladung ein scharfer Übergang, für den die Versuchsbedingungen eingehend untersucht werden. Ebenso ausführlich wird ein zweiter Übergang untersucht, der von der stetigen Glimmentladung in die ebenfalls stetige Bogenentladung mit dem charakteristischen Umsprung der Wärmeentwicklung, deren Maximum von der Kathode auf die Anode übergeht. Die ergiebige Stromquelle gestattete eine außerordentliche Steigerung dieser Wärmeentwicklung, die bis zum Schmelzen eines der schwerstflüssigen Metalle, des Iridiums (ca. 2300°), getrieben werden konnte.

Auch mit Kohle hat er Versuche ausgeführt, und wir dürfen heute aus den Versuchsbedingungen schließen, daß er auch deren Schmelzpunkt nahe gekommen ist; eine Umwandlung der amorphen Kohle in Graphit unter Erweichen hat er bereits beobachtet.

Von großer Bedeutung ist die dabei festgestellte Tatsache, daß bei diesen hohen Temperaturen das Leuchten der elektrizitätsleitenden Gase vollkommen aufhört. Das führte ihn gleichzeitig auf eine Berichtigung seiner eigenen früheren, in der Arbeit mit Plücker vertretenen Anschauung, auf die Erkenntnis nämlich, daß das Leuchten der elektrisch erregten Gase nicht auf Glühen, sondern auf Phosphoreszenz beruht, oder, wie wir heute mit E. Wiedemann sagen, der dieselbe Erfahrung etwas früher veröffentlichte, nicht auf Kaloreszenz, sondern auf Lumineszenz.

Hittorf vertrat daher fortan die Ansicht, daß dieses Leuchten auf den gleichen molekularen Änderungen beruhe, die auch die elektrische Leitfähigkeit bedingen, und die nicht durch Temperatursteigerung allein hervorgerufen werden. Im Zusammenhang damit wies er nach, daß der einatomige Quecksilberdampf unterhalb der Rotglut die Elektrizität nicht leitet und zeigte, daß die unter Anwendung hoher Spannungen leitend gemachten Gase auch niedrigen Spannungen gegenüber ein transversales Leitvermögen besitzen.

Grundlegend für die Theorie der Gasentladungen sind die Messungen des Spannungsgefälles und seiner Verteilung längs der Strombahn in der Abhängigkeit von Gasdichte und Stromdichte und die Festlegung der sog. Charakteristik des Glimmstromes, der Beziehung zwischen Spannung und Stromstärke, wenigstens in einer für größere Stromstärken gültigen Näherungsform.

Endlich seien noch die erneuten Versuche über die Herabsetzung des hohen Kathodengefälles durch Erhitzen der Kathode erwähnt, sowie der Nachweis der Entladung positiver Elektrizität durch die Nähe glühender Körper.

Die vierte Mitteilung ist aus noch zu erwähnenden Gründen Fragment geblieben. Sie endet mit dem § 8 und der Bemerkung: „Schluß folgt", und in dem letzten Abschnitt wird noch auf einen weiteren § 10 verwiesen, der nie erschienen ist.

In derselben Zeit, in der Hittorf die Riesenarbeit dieser wissenschaftlichen Untersuchungen bewältigte, fiel ihm noch eine weitere, andersartige Aufgabe zu, deren Lösung an Bedeutung und Folgenreichtum jener ersten kaum nachsteht.

Sie betraf die Wiederherstellung der alten Münsterschen Hochschule, die, wie oben angedeutet, seit ihrer Unterstellung unter die preußische Unterrichtsverwaltung sich in einem Zustande trostlosen Verfalles befand. Als in den siebziger Jahren mit Falk ein neuer, frischerer Geist in das Unterrichtsministerium einzog, hielten Hittorf und seine Freunde, namentlich der Geologe und Mineraloge Hosius, die Zeit für gekommen, den unhaltbar gewordenen Zuständen ein Ende zu machen. Wie sehr ihm das gelungen ist, ist heute, wo die Westfälische Wilhelms-Universität in Münster in die erste Reihe der großen Provinz-Universitäten Preußens eingerückt ist, bekannt genug; und wenn auch mehr als ein Menschenalter verfloß, ehe das Ziel ganz erreicht wurde, bleiben nicht weniger unvergeßlich die Verdienste dessen, der den ersten Anstoß zu dieser glänzenden Entwicklung gab und sie mit warmer Anteilnahme in ihrem ganzen Verlaufe verfolgen konnte.

Den geschickten Verhandlungen, die Hittorf und Hosius 1875 in Berlin mit dem Kultusminister und seinen Räten, sowie mit einflußreichen Gelehrten und Abgeordneten, wie A. W. Hofmann und Virchow führten, gelang es, die maßgebenden Stellen von der Notwendigkeit einer Reorganisation zunächst der philosophischen Fakultät zu überzeugen und die Bewilligung und Bereitstellung der erforderlichen Mittel zu erlangen. Neue Professuren, neue Hörsäle und neue Institute wurden bewilligt und eine Anzahl ausgezeichneter Lehrkräfte von aus-

wärts berufen. Für Hittorf persönlich ergab sich dadurch endlich auch die ersehnte Entlastung von immer drückenderen Amtsgeschäften, indem unter den Neuberufenen im Jahre 1877 auch ein Chemiker, Oppenheim, war, der ihm die Hälfte seiner Verpflichtungen abnahm. Zwar mußte er bald nach dessen plötzlichem Tode noch einmal die ganze Last auf sich nehmen, aber doch nur für kurze Zeit, bis H. Salkowski dauernd den Lehrstuhl für Chemie übernahm.

Aber auch dieses Werk Hittorfs teilte das Schicksal seiner übrigen, auf lebhaften Widerspruch und Widerstand zu stoßen, die diesmal von den Kreisen der Altmünsteraner ausgingen.

Einen Niederschlag von deren Stimmung und Stellungnahme zu Hittorfs Reformwerk brachte im Jahre 1880 aus Anlaß der Eröffnung des neuen Akademiegebäudes der „Westfälische Merkur" in einer Reihe von Aufsätzen, die dann auch in Buchform erschienen unter dem Titel: „Erinnerungen aus alter und neuer Zeit von einem alten Münsteraner". Als Urheber wurde ein Mitglied des Münsterschen Domkapitels genannt.

Die Schrift, die sich eingehend mit den Verhältnissen und der Entwicklung der Münsterschen Hochschule befaßt, zieht in der Einleitung eine Parallele zwischen dem Jahr 1780, in dem die feierliche Eröffnung der 6 Jahre zuvor begründeten bischöflichen Universität stattfand und dem Jubeljahr 1880, in der es unter anderem heißt:

„Im Jahre 1780 Inauguration einer katholischen Universität — im Jahre 1880 Eröffnung eines akademischen Gebäudes für die Trümmer einer Universität. Im Jahre 1780 Eröffnung einer kirchlichen Anstalt, jetzt die philosophische Fakultät ihres katholischen Charakters völlig beraubt, und zwar bis zu einem solchen Grade, daß in rascher Aufeinanderfolge elf protestantische Lehrer berufen wurden.

Im Jahre 1780 ein katholisches Lehrerkollegium in vollster Einheit des Glaubens und der Liebe wirkend; — im Jahre 1880 ein Kollegium zum größten Teil aus kirchenfeindlichen, altkatholischen und protestantischen Elementen bestehend."

Verständlich ist diese damals weitverbreitete Stimmung schmerzlicher Resignation in jener Zeit des Kulturkampfes wohl; aber Hittorf hatte schwer unter den Kämpfen zu leiden, die daraus erwuchsen.

Nach zwei Jahrzehnten freilich hatte sich das Bild völlig gewandelt. Als um die Jahrhundertwende die Bemühungen um die Fortführung von Hittorfs Reformwerk sich verdichteten, fanden sie die lebhafteste, opferwilligste und nicht genug anzuerkennende Unterstützung von seiten der Stadt Münster und ihrer katholischen Verwaltung und Bürgervertretung, und die Reibungswiderstände fanden sich an der leitenden Stelle, die Hittorfs Pläne vornehmlich gefördert hatte, und sie konnten schließlich nur durch ein Machtwort überwunden werden.

Aus den erwähnten „Erinnerungen" aber ist für uns noch von besonderem Interesse, was über Hittorf gemeldet wird, und was daher im wesentlichen ungekürzt mitgeteilt sei.

„Im Jahre 1848 trat ein eigentümliches Element in die Akademie ein, welches charakteristisch von der bisherigen Tradition abbog, zuerst noch verborgen blieb, dann aber im Laufe der Jahre als entschieden kirchenfeindlich sich ausgestaltete. Ob mit Recht oder Unrecht, wissen wir nicht; aber merkwürdigerweise hatte man sofort Argwohn in bezug auf die Gläubigkeit des Lehrers. Ob derselbe vielleicht im Kollegium sich unvorsichtige Äußerungen erlaubte, wissen wir gleichfalls nicht. Auch galt es als zweifelhaft, ob derselbe seine religiösen Pflichten erfülle. Die Nichterfüllung konnte allerdings nicht verborgen bleiben. Noch unangenehmer war es, daß sich aus allem diesen heraus, wie es gewöhnlich der Fall ist, ein Stichwort bildete und man sich ins Ohr flüsterte, „es habe sich eine kleine Motte in die katholische Anstalt eingesetzt". Um aber das Maß des Unglücks voll zu machen, wurde etwas ruchbar von dem Briefe des Ministers Eichhorn. Als nämlich die Professur für Physik und Chemie an hiesiger Akademie sollte besetzt werden, da schrieb der Minister an Prof. Bischof in Bonn: „es sei eine Professur an der Akademie zu Münster vakant, er möge ihm einen geeigneten Mann bezeichnen; statutenmäßig müsse derselbe katholisch sein, doch genüge es; wenn er nur den Namen Katholik habe; auf die Qualität seines Katholizismus komme es nicht an." Der Inhalt dieses Briefes war durch einen merkwürdigen Zufall in die Öffentlichkeit gelangt. — Bischof fand schnell einen Mann nach dem Wunsche Eichhorns und schlug Wilhelm Hittorf vor. Hittorf trat im Jahre 1848 als Privatdozent an die hiesige Akademie; die Zeit seiner Wirksamkeit an dieser beträgt also 32 Jahre. Bei der ansehnlichen Mußezeit, welche Hittorf übrig blieb, durfte man auf eine bedeutende literarische Tätigkeit schließen, zumal die chemischen und physikalischen Studien so bedeutende Fortschritte in neuerer Zeit gemacht haben. In dem Lektionsverzeichnis vom Wintersemester 1880 sind für Hittorf wöchentlich sechs und für das Sommersemester nur fünf Stunden verzeichnet. Vergleicht man damit die Lektionsverzeichnisse anderer oder gar

alter Zeiten, so stellen sich allerdings ganz andere Zahlen heraus. Aber trotz der bedeutenden Muße, welche Hittorf außer der Kollegienzeit übrig blieb, ist derselbe von der Tradition der Anstalt gänzlich abgewichen und hat auf dem Gebiete der Physik und Chemie keine größere Arbeit zutage gefördert; ja es gibt sich hier eine förmliche Armut kund. Was von ihm, soviel uns bekannt, an schriftstellerischen Arbeiten verzeichnet wird, sind eine Dissertation, zwei Habilitationsschriften und Beiträge für Journale, die aber gleichfalls nicht zahlreich sind. Desto tätiger wurde Hittorf, als die kirchenfeindliche Strömung im Jahre 1870 an der philosophischen Fakultät zum Durchbruch kam. Er unterschrieb die Adresse an Döllinger gegen die Lehre von der Unfehlbarkeit des Papstes; unterzeichnete später nach Definition des Dogmas die Erklärung in der „Augsb. Allg. Ztg."; wurde Altkatholik, regte an, beförderte alle Maßregeln, welche die Anstalt ihres katholischen Charakters beraubten, war entschieden gegen die Anstellung eines Geistlichen an der Fakultät; entschied sich für die Simultanisierung und Berufung von Protestanten; reiste mit seinem Freunde Hosius nach Berlin, um persönlich an betreffender Stelle Vortrag zu halten, und namentlich mit dem ungläubigen Virchow zu verkehren, und ging in seiner Feindseligkeit so weit, daß er, wiederum im Bund mit seinem Freunde Hosius, gegen die Anstellung des Professors Niehues, welcher in der gemäßigsten Weise seinen katholischen Standpunkt vertrat, als ordentlichen Professor der Geschichte stimmte. So oft später in der Geschichte der hiesigen Akademie des Zeitraumes von 1870 bis 1880 gedacht und die Umgestaltung erwähnt wird, welche diese von Gottes und Rechts wegen katholische Anstalt in der betrübendsten Weise erlitten, wird auch der Name Hittorf genannt werden. Im Laufe dieses Sommers wurde er, wie man sagt, von einem Gemütsleiden befallen, und war bei Eröffnung des neuen akademischen Gebäudes nicht gegenwärtig."

Wir, denen sich jeder Tadel aus solcher Quelle in Lob verkehrt, können über dieses, abgesehen von den vielen sachlichen Unrichtigkeiten, ganz schiefe Urteil nur lachen. Für Hittorf aber, der damals noch schwer um die ausbleibende Anerkennung seiner Leistungen zu ringen hatte, bedeutete es Schlimmeres, zumal man irren würde, wollte man es lediglich auf Rechnung der politischen Gegnerschaft setzen. Vielmehr ging diese völlige Verkennung und Unterschätzung Hittorfs bis in die maßgebendsten Stellen hinein. Als Beleg hierfür sei die Mitteilung eines Kollegen Hittorfs aus jener Zeit berichtet, dem der damalige Oberpräsident und Kurator der Akademie gesprächsweise die Äußerung hinwarf: „Hittorf ist doch ein ganz unbedeutender Mensch!" Worauf die kurze aber treffende Antwort erfolgte: „Er ist der bedeutendste von uns."

Dabei war das Schicksal, das bis dahin Hittorfs wissenschaftliche Leistungen in Fachkreisen gehabt hatten, geradezu kläglich. Die ersten Arbeiten Hittorfs über die Elektrolyse hatten zwar Widerspruch gefunden, waren aber doch beachtet worden, die weiteren über die Gasentladungen der Elektrizität wurden, wie schon erwähnt, lange Zeit hindurch nahezu totgeschwiegen.

So erklärt sich auch die so beklagenswerte Tatsache, daß einem Forscher von der Bedeutung Hittorfs niemals Gelegenheit zu einem größeren Wirkungskreise, zu günstigeren Arbeitsbedingungen geboten wurde; daß er bis zum Ende seiner Lehrtätigkeit an die kleinste unter den deutschen Hochschulen gefesselt blieb.

Allerdings hat hierbei noch ein anderer Umstand mitgespielt, der uns tragisch berühren muß, und der außerdem einen nicht uninteressanten Beitrag zur modernen Legendenbildung liefert.

Bei Gelegenheit der Verhandlungen über die Wiederbesetzung der Physikprofessur an einer anderen Hochschule wurde von einem lieben Kollegen und Fachgenossen, der den Nebenbuhler fürchtete, die Behauptung aufgestellt, Hittorf sei ultramontan — ausgesucht der von den Klerikalen so heftig befeindete Hittorf; und dieses Märchen, so dumm wie es war, wurde geglaubt und verbreitet. Ich selbst habe es berichten hören und geglaubt bis zur persönlichen Bekanntschaft, bei der ich ihn zu meinem Erstaunen so ganz anders fand, als seinen Ruf. Unterstützt wurde die Legende einigermaßen durch Hittorfs Äußere. Die kurze, zur Fülle neigende Gestalt, das ganz glattrasierte Gesicht, der frühzeitig gelichtete Scheitel; auch die Tracht — der lange graue oder schwarze Rock, den er ständig trug, ließen ihn einem katholischen Geistlichen ähnlich erscheinen. Der Verdacht, in den er so ganz schuldlos geriet, war in jenen Kulturkampfzeiten bei der überwiegend liberalen Gesinnung der damaligen Universitätsprofessoren für seine Laufbahn vernichtend.

Alle diese Umstände machen es auch verständlich, daß endlich selbst seine kernfeste Natur den vielfachen Anstürmen, der geistigen Überanstrengung, den Enttäuschungen und Anfeindungen nicht standhielt und ein Nervenleiden sich einstellte, das ihn 1880 von der Akademiefeier fernhielt und ihn zu wiederholten,

erst kürzeren, dann längeren Unterbrechungen seiner wissenschaftlichen und Lehrtätigkeit zwang, obwohl sich seine äußeren Lebensumstände in jener Zeit sonst freundlich gestaltet hatten.

Der durch die Neuberufungen erweiterte Kollegenkreis bot ihm einen anregenden Verkehr, und die durch die Entlastung gewonnene größere Muße die Möglichkeit, ihn in seiner behaglichen Häuslichkeit wie außerhalb derselben eifrig zu pflegen. Frau A. Sturm, deren Mann unter den Neuberufenen war (vgl. S. 161), berichtet hierüber in ihrer anschaulichen Art, die ein treffendes Bild von Hittorfs Persönlichkeit gibt.

„Hittorf war nicht verheiratet; er lebte mit seiner um wenige Jahre jüngeren Schwester Helene zusammen, die ihm sein Haus in musterhafter Ordnung hielt und durch ihre unendliche Güte und Selbstlosigkeit nicht nur für ihren bedeutenden Bruder ein Schatz war, sondern auch all den vielen Gästen, die im Hittorfschen Hause verkehrten, das Haus lieb und angenehm machte. Doch war der Bruder auch im Haushalt in jeder Beziehung der Bestimmende. Er suchte die Wohnung aus, ebenso jedes Möbelstück, das gekauft wurde. Selbstverständlich richtete sich die Tageseinteilung ausschließlich nach seinen Wünschen.

Von der Wohnung verlangte er erstens, daß sie Sonne habe, zweitens, daß man nicht mehrere unbequeme Treppen zu steigen habe, drittens, daß ein hübscher Garten dazu gehöre. Diese drei Bedingungen waren auch erfüllt in der geräumigen, schönen Etage, die er in Münster als Mietwohnung inne hatte, als wir dorthin versetzt wurden (1878). Die Wohnung lag parterre mit freiester Aussicht nach Osten und Westen; ein hübscher, gut gepflegter Garten befand sich hinter dem Hause. Wie oft sind wir in diesen Räumen und im Garten fröhlich beisammen gewesen bei gemütlichen gelegentlichen Besuchen und kleinen Abendgesellschaften, wenn Hittorf seine Freunde um sich versammelte.

Wie alle geistig hoch hervorragenden Männer hat Hittorf in der Theorie eine Art Herrenmoral; aber in der Praxis verkehrt er mit allen Menschen, mochten sie auf einer Bildungsstufe stehen oder einer Gesellschaftsklasse angehören, welche es auch sei, wie mit seinesgleichen, vorausgesetzt, sie waren in ihrer Art tüchtig. Selbst sein Dienstmädchen, die allerdings nicht nur als Köchin, sondern als Mensch überhaupt ein Juwel ist (und ihm nach dem Ableben der Schwester bis zu seinem eigenen Tode eine getreue Pflegerin war), fühlt sich in seiner Nähe nicht geniert, gestattet sich in aller Bescheidenheit einen Widerspruch gegen seine wirtschaftlichen Anordnungen, wenn sie ihr nicht praktisch erscheinen, und er nimmt Akt davon, belehrt sie oder folgt ihrem Rat.

Jeder tüchtige Handwerker wird mit Hochachtung behandelt, und meist feiern die Geschäftsleute, die mit ihm zu tun haben, ihr fünfundzwanzigjähriges, wohl gar fünfzigjähriges Jubiläum in seinen Diensten, wenn sie nicht vorher wegsterben.

Während Fräulein Hittorf eine gläubige Katholikin ist und regelmäßig zur Kirche und Messe geht, tut ihr Bruder dies, wie viele Gelehrte, nicht. Als wir zuerst in seiner Begleitung durch die Umgebung Münsters gingen, und wir unser Erstaunen an den vielen Klöstern hatten, sagte er wohl in seiner schnellen, halb humorvollen Weise: „In hundert Jahren sind es lauter Laboratorien, lauter Laboratorien.“ Trotzdem war der würdigste Vertreter der katholisch-theologischen Fakultät in Münster, Professor Bisping, sein intimer langjähriger Freund bis zu seinem Tode. Jeden Sonnabend trank Bisping mit einigen anderen Kollegen seinen Nachmittagskaffee bei Hittorf, worauf die Herren einen weiten Spaziergang machten. Hittorf ist, wie man sieht, der Ansicht Friedrichs des Großen, der auch wollte, daß jeder in seinem Staate auf seine Fasson selig werden könne.

Ein Arzt ist während der ganzen 14 Jahre (die Sturms in Münster verlebten) nicht in das Hittorfsche Haus gekommen. Von Haus aus mit einem kräftigen und gesunden Körper und klaren Geist ausgerüstet, hat sich Hittorf durch eine zwar gute, aber doch mäßige und sehr regelmäßige Lebensweise seine Gesundheit und seine ungeschmälerten Lebenskräfte bis in das höchste Lebensalter erhalten.“

Nach dieser Schilderung kann man ermessen, wie stark die Einflüsse sein mußten, die eine solche Natur zeitweise aus dem Gleichgewicht brachten. Zu den oben angeführten aber kam noch ein weiterer.

Um jene Zeit, von der hier die Rede ist, mußten die deutschen Physiker von Grund aus umlernen. Die geniale Form, in die Clerk Maxwell die Ideen Faradays umgegossen hatte, machte sich mit Wucht geltend und heischte Anerkennung. 1873 erschien Maxwells berühmtes Lehrbuch, 1883 die deutsche Übersetzung. Die Umwälzung, welche es in den theoretischen Anschauungen des Kontinents hervorrief, kann nur der voll ermessen, der sie selbst erlebt hat, oder die Entwicklungsgeschichte der Elektrizitätstheorien genau kennt.

Auch Hittorf empfand das starke Bedürfnis, sich die neuen Ideen zu eigen zu machen, sobald er die Zeit dazu erübrigen konnte, und

für ihn, dessen theoretische Ausbildung um ein Menschenalter zurücklag, und dessen ganze Arbeitskraft und Zeit durch den Lehrberuf und die experimentelle Forschung aufgesaugt war, erwiesen sich die Schwierigkeiten besonders stark und verstärkten sich in Wechselwirkung mit unheilvollen Nebenumständen.

Ein Nervenleiden befiel ihn, beginnend mit einer teilweisen Gesichtslähmung, die er mit großer Energie ohne Zuziehung eines Arztes durch Selbstkneten beseitigte; es folgte eine starke Gemütsdepression, deren er ebenfalls durch Energie, aber nicht mit gleichem Erfolg Herr zu werden versuchte.

Frau Sturm, die diese Zeit sorgenvoll mit durchlebte, berichtet darüber:

„Schlimmer war eine Nervenattacke, die ihn im Anfang der achtziger Jahre befiel. Sie äußerte sich in einer fast unheimlichen Apathie allem und jedem gegenüber. Er sprach tagelang fast kein Wort, brütete nur immer über einem und demselben Gedankengang. Dieser Gedankengang bezog sich auf die mathematische Physik, in der er auf einen Punkt gekommen war, der selbst dem scharfen Verstande Hittorfs nicht verständlich war. Darüber grübelte er nun dauernd; das Buch (Maxwell) begleitete ihn fast Tag und Nacht. Darüber verlor er Appetit, Schlaf, vor allem auch seine gleichmäßige Stimmung. Düster und schweigsam saß er in seinem Studierzimmer über den Maxwell gebeugt, und alle Bemühungen seiner Freunde ihn auf andere Gedanken zu bringen, waren fruchtlos. Hittorfs Schwester litt unsäglich in dieser Zeit und sie kam oft mit heißen Tränen zu mir.

Wir holten ihn zu Spaziergängen ab, besorgten Theaterbillets und erreichten es auch einige Male, daß er und seine Schwester mit uns ein Lustspiel besuchten. Meist aber trieb ihn die Unrast schon lange vor Schluß der Vorstellung nach Hause, wo er sich alsbald mit dem unverständlichen Maxwell beschäftigte.

Hittorf magerte in dieser Zeit furchtbar ab, und eine Reise in den Harz, die er antrat, und auf der ihn mein Mann begleitete, machte den Zustand nicht viel besser. Heimlich hatte er sich wieder den Maxwell eingepackt.

Endlich gegen den Winter zu ging der Zustand allmählich vorüber, aber einen Arzt hatte er nicht gefragt.

Nach Jahren wiederholte sich dieses Nervenleiden noch einmal, und damals half ihm eine Wasserkur in Boppard, von wo er als gesunder Mensch zurückkehrte. Trotzdem entschloß er sich bald darauf seine Professur niederzulegen und fortan nur seinen Studien zu leben."

Das geschah nach Vollendung des 65. Lebensjahres im Jahre 1889. Noch vorher hatte sich Hittorf, dessen Mietwohnung einer Bahnerweiterung zum Opfer gefallen war, in reizvoller Lage der schönen Gartenstadt Münster auf eigenem Grund und Boden ein behaglich-vornehmes eigenes Heim geschaffen, in dem er die letzten Jahrzehnte seines Lebens verbrachte.

Allmählich zeigte sich auch der Erfolg seines Schaffens in steigender Anerkennung seiner Leistungen, um die sich zwei Forscher, ein Physiker und ein Chemiker, F. Kohlrausch und W. Ostwald, vornehmlich verdient gemacht haben.

Auf ersteren dürfen wir wohl die Ernennung Hittorfs zum korrespondierenden Mitglied der Göttinger Akademie, der Kohlrausch schon seit 10 Jahren angehörte, im Jahre 1879 zurückführen, die erste derartige Anerkennung Hittorfs, sowie er etwa 20 Jahre später die Anregung zur Verleihung des Ordens pour le mérite gab, der Auszeichnung, die Hittorf von allen am höchsten geschätzt hat; und der Einfluß Wilhelm Ostwalds, dessen starkes organisatorisches Talent der jungen Wissenschaft der physikalischen Chemie schnell die ihr gebührende Stellung zu erringen wußte, stellte Hittorf als Ehrenpräsident an die Spitze der neu begründeten „deutschen Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie", an deren Jahresversammlungen Hittorf seitdem regen Anteil nahm, bis zunehmende Altersbeschwerden ihn hinderten.

1889 lernte ich Hittorf zuerst auf der Naturforscherversammlung in Heidelberg kennen, die durch H. Hertz' Vortrag über „die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität" ihr Gepräge erhielt.

Hittorf beteiligte sich mehrfach an den Diskussionen, insbesondere nach dem Bericht Lenards über seine Untersuchung der Kathodenstrahlen außerhalb des Entladungsraums.

Mit der zunehmenden Lebensfreude regte sich auch wieder die Schaffenslust bei dem fast Siebzigjährigen, und so setzte Anfang der neunziger Jahre eine neue Periode wissenschaftlicher Produktion ein, die erst durch die wachsenden Altersbeschwerden des Achtzigjährigen abgeschlossen wurde. Die Anregung, die seine Stellung als Ehrenpräsident der „Deutschen elektrochemischen Gesellschaft", wie die Bunsen-Gesellschaft anfänglich hieß, ihm gab, macht sich deutlich geltend; denn es sind ausschließlich Probleme elektrochemischer Natur, die ihn in diesen Altersarbeiten, im engen Anschluß aber an die Tätigkeit seiner Jugendjahre, beschäftigen.

Diese Arbeiten lassen sich in drei Gruppen einordnen: Die 1. Gruppe umfaßt Anwendungen elektrochemischer Methoden zur Untersuchung

der chemischen Konstitution eigenartiger anorganischer Verbindungen; die 2. Gruppe beschäftigt sich wieder mit allotropen Zuständen chemischer Elemente; und die 3. Gruppe behandelt den Stromdurchgang durch Diaphragmen, der bei einem Teil der früheren Bestimmungen von Überführungszahlen eine Rolle spielte.

Zur ersten Gruppe gehören zwei Arbeiten. In der ersten[1]) werden die interessanten, von Curtius entdeckten Stickstoffmetalle in bezug auf ihr elektromotorisches Verhalten in Lösung untersucht, Verbindungen, die sich von den meisten anderen Elektrolyten dadurch unterscheiden, daß sie unter starker Wärmeentwicklung zerfallen. Es wird ferner auf das in mancher Hinsicht analoge Verhalten von Cyanverbindungen, sowie der Halogensalze des Silbers hingewiesen.

In der zweiten gemeinsam mit H. Salkowski ausgeführten Untersuchung[2]) über saure Verbindungen von Platin und Gold mit Chlor wird mit Hilfe von Überführungsbestimmungen der Nachweis geliefert, daß es sich dabei um reine Säuren handelt, die das Metall im komplexen Anion enthalten, so daß dieses vollständig dem Strom entgegen zur Anode wandert. Das Ergebnis wird in den Schlußsätzen zusammengefaßt: „Nach den gewonnenen Resultaten verhalten sich Platinchlorid und Goldchlorid ganz anders wie Quecksilberchlorid. — Sie treten mit einem Molekül H_2O in engeren Zusammenhang und veranlassen die leichte Spaltbarkeit desselben, ganz wie die Anhydride der Sauerstoffsäuren. Dadurch bilden sie eine Klasse von Säuren, welche in der anorganischen Chemie kaum beachtet worden ist, und nach weiterem Suchen gewiß eine größere Zahl Repräsentanten einschließen wird, als unsere beiden oben genannten Beispiele." Diese Erwartung ist vollauf in Erfüllung gegangen.

Die zweite Gruppe behandelt in drei Arbeiten[3]) die sog. Passivität gewisser Metalle, die bis dahin nur beim Eisen und den nächstverwandten Elementen bekannt war und gewöhnlich nach Faradays Angabe durch Bildung einer sehr dünnen Oxydhaut erklärt wurde, die das unedle Metall gegen Säureangriff schützen und dadurch in ein scheinbar edles verwandeln sollte. Hittorf, dem H. Goldschmidt einige Stücke des nach seinem Thermitverfahren hergestellten metallischen Chroms zur Verfügung gestellt hatte, wies auch für dieses Metall die gleiche Eigenschaft nach und fand verschiedene Wege, willkürlich den einen oder anderen Zustand, oder auch einen dritten Zwischenzustand herzustellen.

„Daher haben wir beim Chrom ein elektromotorisches Verhalten, wie es früher von manchem Forscher irrtümlich beim Eisen angenommen worden ist.

In den drei Zuständen zeigt unser Metall so verschiedene Eigenschaften, wie sie sonst nur verschiedene Metalle besitzen.

Im inaktiven Zustande ist es ein edles Metall, reduziert kein anderes Metall aus der Lösung seiner Salze und steht am Ende der Spannungsreihe beim elektronegativen Platin. Befindet es sich dagegen in dem Zustande, welchen es bei der Bildung seiner niedrigsten Verbindungsstufe hat, so nimmt es unmittelbar hinter dem Zink in der Spannungsreihe Stellung und verdrängt die Metalle, welche elektronegativer sind, aus ihren Salzen. Es bindet als Anode bei gleichem Gewicht eine dreimal so große Menge des Anions, als es im inaktiven aufnimmt.

Hat es endlich den Zustand, bei welchem es die mittlere Verbindungsstufe gibt, so liegen seine Eigenschaften zwischen den angegebenen."

„Unwillkürlich wird man an das Problem der Alchimisten erinnert, wenn man sieht, wie die Umwandlung von unedlem Metall in edles beim Chrom in so einfacher Weise sich verwirklicht."

Überzeugend zeigt Hittorf durch eine ganze Reihe verschiedenartiger Versuche, daß der übliche Faradaysche Erklärungsversuch der Passivität durch eine Oxydschicht nicht stichhaltig und mit zahlreichen Tatsachen im Widerspruch ist.

„Berücksichtigt man hier nur die festgestellten Tatsachen, so gewinnt man bald die Überzeugung, daß kein positiver Beweis für die Anwesenheit einer solchen unsichtbaren Oxydhaut auf der Oberfläche des Eisens erbracht worden ist. Vielmehr war der Umstand bestimmend, daß, wenn die Oberfläche des Eisens in beiden Zuständen metallisch ist, alsdann ihre so verschiedenen elektromotorischen Kräfte, sowie die Leichtigkeit, mit welcher der Wechsel derselben erfolgt, ganz rätselhaft gegenüber dem Verhalten der anderen, damals genauer untersuchten Metalle erscheinen mußten. Man nahm daher gern die einfache Deutung Faradays an."

Die Untersuchungen Hittorfs, in welche — in der letzten der genannten Arbeiten — auch

1) Zur Kenntnis der elektromotorischen Kräfte galvanischer Kombinationen, Zeitschr. f. physik. Chemie **10**, 593—620, 1892.

2) Über eine merkwürdige Klasse unorganischer Säuren und ihr elektrolytisches Verhalten, Zeitschr. f. physik. Chem. **28**, 546—555, 1899.

3) Über das elektromotorische Verhalten des Chroms I und II, Zeitschr. f. physik. Chem. **25**, 729—749, 1898; **30**, 481—507, 1899; auch Berl. Ber. **14**, 193—212, 1898; Wied. Ann. **65**, 320—343, 1898; Zeitschr. f. Elektrochemie **4**, 482—492, **6**, 6—9, 1899; Über die Passivität der Metalle, Zeitschr. f. physik. Chem. **34**, 385—402, 1900.

Eisen, Nickel und Kobalt einbezogen wurden, haben zwar noch nicht die volle Lösung des Rätsels gebracht, aber doch in hohem Maße aufklärend gewirkt und falsche Deutungen ausgeschlossen, was allerdings nicht verhindert, daß sie noch immer weiter ihr Spukwesen treiben.

Mit der letzten Gruppe, die zwei Arbeiten[1]) und eine kürzere polemische Mitteilung[2]) umfaßt, kehrt Hittorf zum Schluß noch einmal zu den Problemen seiner Jugend zurück. Neuere Untersuchungen über Überführungszahlen von Jahn und seinen Schülern hatten ihn auf eine Fehlerquelle einiger seiner eigenen früheren Messungen aufmerksam gemacht, begründet in einer eigentümlichen, elektrische Endosmose oder Kataphorese genannten Wirkungsweise tierischer Membrane, die zur Trennung verschiedener Elektrolyte oder verschiedener Schichten desselben Elektrolyten benutzt werden, beim Stromdurchgang. Das veranlaßte Hittorf, seinen Irrtum zu berichtigen und sich mit diesem Verhalten näher zu beschäftigen, das er zusammenfassend wie folgt beschreibt:

„Während Ton und Agar-Agar die elektrische Endosmose in der Weise veranlassen, daß die unverändert bleibende Lösung nur in der Richtung der positiven Elektrizität sich bewegt, scheidet sich in der Darmhaut, wie in allen eiweißartigen Substanzen und in Pergamentpapier die Lösung vieler Salze in einen konzentrierteren und einen verdünnteren Teil. Ersterer bewegt sich in der Richtung der negativen Elektrizität mit größerer Geschwindigkeit wie letzterer, welcher der positiven folgt. Dieses Verhalten findet nicht mehr statt, wenn die Konzentration der Lösung über eine gewisse Stärke, die von der Natur des Salzes abhängt, wächst. Nicht bei allen Salzen tritt diese Scheidung ein. Die Salze der Alkalien verhalten sich in diesen Substanzen wie im Ton und Agar-Agar; sie zeigen nur eine geringe Endosmose bei konstant bleibender Konzentration im Sinne der positiven Elektrizität."

Und wenn er auch diese für die Theorie der Berührungselektrizität wichtige Frage nicht zu einem Abschluß gebracht hat, sondern diese letzte Veröffentlichung mit den Worten schließt: „Es ist mir nicht möglich, diese Tatsachen aus der Theorie, welche für die elektrische Endosmose aufgestellt ist, abzuleiten. Ebenso vermag ich nicht die physikalische Struktur der Stoffe näher zu beschreiben und zu definieren, von welcher der Verlauf der Endosmose in der einen oder der anderen Weise bedingt wird", so hat er doch durch diese wie durch die vorhergehenden Arbeiten den Anstoß gegeben zu einer Reihe von neuen und bedeutsamen Untersuchungen auf diesen Gebieten.

Inzwischen hatte er noch einmal seine amtliche Tätigkeit wieder aufnehmen müssen. Eduard Ketteler, sein Nachfolger auf dem Lehrstuhl der Physik, war im Herbst 1900 kurz nach der Fertigstellung und Einrichtung eines neuen Instituts schwer erkrankt und starb noch vor Jahresschluß. Den Bitten der Fakultät entsprechend übernahm Hittorf noch einmal für den Rest des Semesters die Leitung des Instituts und der Übungen, bis er zu Ostern 1901 beides seinem zweiten Nachfolger, dem Verfasser, übergeben konnte.

Als ich meine Stellung in Münster antrat, traf ich Hittorf noch in einer ebenso erfreulichen wie erstaunlichen Frische und Leistungsfähigkeit, verjüngt durch die Anerkennung, die in dem Maße wuchs, wie sich das Interesse der Wissenschaft den von ihm als Bahnbrecher und Pfadfinder bearbeiteten Problemen zuwandte; und ich hatte die Freude, die Entstehung seiner letzten Untersuchungen, Wand an Wand mit ihm arbeitend, schrittweise verfolgen zu können.

Dabei nahm er im Verein mit seiner Schwester noch regen Anteil am geselligen Leben, sah gerne Gäste und Besuch bei sich, besuchte selbst noch kleinere Abendgesellschaften und sehr regelmäßig einen akademischen Abendschoppen, der Mittwochs stattfand, und beteiligte sich sogar noch an den akademischen Feiern und Sommerausflügen mit mehrstündigen Märschen. Dabei war er froh mit den Fröhlichen und konnte in seiner stillen Weise über einen guten Witz, eine treffende Bemerkung herzlich in sich hineinlachen.

Im Sommer empfing er seine Gäste gerne im Garten, voll Stolz seine mit großer Liebe gepflegte Obst- und Blumenzucht vorweisend und verfehlte nicht mit liebenswürdiger Galanterie den besuchenden Damen seine schönen Rosen als Gastgeschenk zu überreichen.

Zweimal im Jahr, zu Neujahr und am 27. März, seinem Geburtstag, gaben sich die Freunde des Hittorfschen Hauses dort ein Stelldichein zum glückwünschen, in erster Linie die naturwissenschaftlichen Kollegen, aber auch zahlreiche Philologen. Es herrschte dann in den sonst stillen Räumen ein fröhliches Treiben, und Fräulein Hittorf sorgte für gute Bewirtung.

Mit großer Teilnahme begleitete er den von ihm angebahnten glänzenden Aufschwung der

1) Bemerkungen über die Bestimmung der Überführungszahlen der Ionen während der Elektrolyse ihrer Lösungen; Das Verhalten der Diaphragmen bei derselben, Zeitschr. f. physik. Chem. **39**, 613—620, 1902; Das Verhalten der Diaphragmen bei der Elektrolyse von Salzlösungen, II, Zeitschr. f. physik. Chem. **43**, 239—249, 1903.

2) Ann. d. Phys. **9**, 243—245, 1902.

Münsterschen Hochschule, die 1902 durch Angliederung der juristischen Fakultät wieder zu einer Universität ausgestaltet wurde und drei Jahre später auch die ersten Mediziner — vorläufig nur die vorklinischen Semester in einer propädeutisch-medizinischen Abteilung vereinigt — einziehen sah.

Den Abschluß dieser Entwicklung durch Schaffung einer evangelisch-theologischen Fakultät und Bewilligung der Kliniken, wenn auch nicht die Vollendung, hat er noch gerade erlebt, einer beispiellosen Entwicklung, die die Zahl der Studierenden von etwa 300 zur Zeit von Hittorfs Lehrtätigkeit und 600 um die Jahrhundertwende auf 1400 im Jahre 1905 und 2200 1914 emporschnellen ließ. Auch hier sah er noch den vollen Erfolg seines Lebenswerkes heranreifen.

Die Dezenniumsgeburtstage Hittorfs und die ganze Reihe seiner goldenen und diamantenen Amtsjubiläen wurden besonders gefeiert und gaben der wissenschaftlichen Welt, wie der Staatsregierung Anlaß zu vielerlei Ehrungen durch Verleihung von Medaillen, Orden und Titeln bis zur Exzellenz hinauf; und wenn er auch in seiner einfachen Art kein übermäßiges Gewicht auf diese Äußerlichkeiten legte, so machte ihm die darin liegende Anerkennung doch Freude, um so mehr, je länger er sie hatte entbehren müssen.

Aber es darf andererseits nicht verschwiegen bleiben, daß er von seiten der preußischen Unterrichtsverwaltung eine wirkliche sachliche Förderung niemals erfahren hat, auch nicht in den Zeiten seines wohlbegründeten Ruhms. Dafür zeugt folgendes eigene Erlebnis. In der ersten Zeit meiner Münsterschen Amtstätigkeit äußerte Hittorf die Absicht, seine Untersuchungen über die elektrischen Entladungen in Gasen mit einer modernen Hochspannungsakkumulatorenbatterie wieder aufzunehmen. Da die im Verhältnis zum Bedarf noch immer viel zu knappen Institutsmittel zur Beschaffung einer solchen auch nicht entfernt ausreichten, beantragte ich beim Unterrichtsministerium die Bewilligung eines einmaligen mäßigen Zuschusses. Ich konnte mich bei der Begründung des Antrags darauf berufen, daß der vorgesetzte Minister, der erst kurz zuvor den westfälischen Oberpräsidentenstuhl mit dem Ministersessel vertauscht hatte, bei seinem Scheiden von Münster Hittorf ausdrücklich seine Hilfe zugesichert hatte mit den Worten: „Nun kann ich auch einmal etwas für Sie tun; melden Sie sich nur, wenn Sie etwas brauchen."

Das Gesuch ist nie beantwortet worden!

Zu Hittorfs achtzigstem Geburtstag, 1904, war eine größere Feier geplant, viele Fachgenossen und Vertreter von Akademien und Hochschulen wollten persönlich erscheinen; aber er machte den Veranstaltern einen Strich durch die Rechnung, indem er sich jeder Feier durch eine Flucht nach Köln entzog, wo er seine dort lebenden Verwandten besuchte.

Bald darauf im Sommer desselben Jahres machte er die letzte Reise seines Lebens, sie galt einem Besuche seines Freundes Friedrich Kohlrausch, der seine erschöpften Nerven durch eine Kur in Bad Oeynhausen auffrischte. Seiner Einladung folgend fuhr Hittorf mit meiner Frau und mir dorthin, und wir verlebten mit Kohlrauschs ein paar anregende und genußreiche Tage.

Zum 60jährigen Doktorjubiläum am 26. Oktober 1906 stifteten Freunde und Schüler Hittorfs ihm seine Marmorbüste, die von dem Münsterschen Bildhauer Rüller in vortrefflicher Lebenswahrheit und Ähnlichkeit ausgeführt, im großen Hörsaal des physikalischen Instituts Aufstellung fand.

Er aber gab seinem Dank durch eine großartige und hochherzige Stiftung Ausdruck, indem er der Universität eine Summe von fünfundzwanzigtausend Mark überwies mit der Bestimmung, daß die Zinsen zur Unterstützung naturwissenschaftlicher Arbeiten dienen sollten.

Allmählich fingen die Altersbeschwerden an drückender zu werden; die Beine schwollen an, wollten das Körpergewicht nicht mehr tragen und versagten mehr und mehr den Dienst. Seine wissenschaftlichen Untersuchungen, die er stehend zu erledigen pflegte, hatte er daher schon länger aufgeben müssen; die altgewohnten Spaziergänge, die Gartenpflege mußte er aufgeben, was für den warmen Naturfreund besonders schmerzlich war, und in zunehmendem Maße wurde er zur Unbeweglichkeit verurteilt.

So kam das allmähliche Dahindämmern des Alters. Während der Naturforscherversammlung in Münster im Jahr 1912 war er noch verhältnismäßig frisch; eine persönliche Teilnahme an den Verhandlungen war ausgeschlossen; aber erfreut wurde er durch die Besuche der auswärtigen Physiker, die dem Altmeister ihre Ehrerbietung bekundeten, und unter denen Nernst ihn mit der Mitteilung überraschen konnte, daß in der Stadt der neu erstehenden Kaiser-Wilhelms-Forschungsinstitute, in Dahlem, eine Straße seinen Namen erhalten habe.

Ein halbes Jahr vor seinem Tode, kurz nach dem neunzigsten Geburtstag, der ihm den Exzellenztitel und das Ehrenbürgerrecht seiner zweiten Heimat, Münster, brachte, sah ich Hittorf zum letztenmal. Er saß zusammengesunken in seinem Lehnstuhl und versuchte mühsam sich zu erheben. Auf meine Be-

grüßung: „So also sieht eine Exzellenz aus", flog der freundliche Schein des alten herzlichen Lachens verschönernd über die bedeutenden Züge. Die Unterhaltung konnte nur kurz sein, da ich bald die Ermüdung merkte. Neben ihm lagen Zeitungen, deren Durchsicht seine Hauptbeschäftigung war. Nach einigen Monaten, während weit draußen das Schlachtgewühl tobte und die Geschütze donnerten, ist er dann friedlich und sanft entschlafen.[1])

Die Aufbahrung erfolgte in der Universität; deren Rektor, der Theologieprofessor Mausbach, und Hittorfs dritter Nachfolger, Gerhard Schmidt, sprachen am Sarge und gedachten mit warmen Worten seiner unvergänglichen Verdienste um Hochschule und Wissenschaft.

An einer anderen Stelle[1]) habe ich diese in die Worte zusammenzufassen versucht: „Nicht in der Zahl der in Angriff genommenen Fragen liegt seine Größe, aber in dem scharfen Blick für die Auswahl bedeutungsvoller Probleme, in der gleichmäßigen Beherrschung der chemischen wie der physikalischen Seite, in der überaus sorgfältigen und zuverlässigen experimentellen Durchführung seiner Untersuchungen und in der eigenartigen Auffassung, die meist in schroffem Gegensatz zu den seinerzeit herrschenden Ansichten stehend, doch auf die Dauer durchdrang und sich behauptete. So hat er auf jedem der bearbeiteten Gebiete Bahnbrechendes geleistet."

1) Hittorfs wertvoller wissenschaftlicher Bücherbestand wurde seiner früher ausgesprochenen Absicht entsprechend von den Verwandten dem von ihm begründeten, und so lange geleiteten physikalischen Institut überwiesen.

1) Vorwort zum Neudruck der Arbeit von Plücker und Hittorf „Über die Spektren der Gase und Dämpfe", Leipzig 1904.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über eine Möglichkeit die Gravitation als unmittelbare Folge der Relativität der Trägheit abzuleiten.

Von H. Reißner, Charlottenburg.

Die klassische Mechanik führt Trägheit und Schwere als voneinander unabhängige Erscheinungen ein und faßt die Trägheit als einen Widerstand gegen die auf einen absoluten Raum bezogene Beschleunigung auf. Daß beide Kräfte einer und derselben Größe nämlich der Masse proportional sind, erscheint in der klassischen Mechanik als eine zufällige Beziehung beider Erscheinungen, obgleich die bisher physikalisch noch nicht gedeutete Dimension der Gravitationskonstante bzw. das merkwürdige Gaußsche Maßsystem, das durch die Beziehung zwischen Gravitation und Trägheit eine Maßeinheit z. B. die Masse eliminiert, zu denken geben.

Die Beziehung der Beschleunigung auf einen absoluten Raum durfte solange angenommen werden als man einen ruhenden Lichtäther als Bezugssystem zugrunde legen konnte. Immerhin hat die Machsche Mechanik schon im Jahre 1883 die Vorstellung, daß es ein ausgezeichnetes von den materiellen Vorgängen unabhängiges Bezugssystem geben könnte, als absurd erklärt und Andeutungen über eine Auffassung der Beschleunigung gegen den Raum als einer mittleren gegen alle übrigen Massen gemacht[1]).

1) E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, 6. Aufl., 1908, S. 250—253.

Insbesondere beschäftigte sich Mach schon mit dem Argument der Absolutmechaniker, daß man deswegen von absoluten Zentripetalbeschleunigungen sprechen dürfe, weil sie durch Zentrifugalkräfte erkennbar seien, und wies darauf hin, daß die Zentrifugalkräfte nur beobachtet werden bei rotierenden Systemen von einer gegen den Fixsternhimmel sehr kleinen Ausdehnung.

Aber noch kürzlich machten die Herren Abraham und Mie gegen die Einsteinsche Forderung der Kovarianz der physikalischen Gesetze gegenüber beliebigen Transformationen des Bezugssystems geltend, daß eine solche Kovarianz doch den beobachteten Trägheitskräften widerspräche[1]).

Erst neuerdings, nachdem ich inzwischen die Möglichkeit einer beschleunigungsrelativen Mechanik an einem konkreten Fall veranschaulicht hatte, hat Herr Abraham seinen prinzipiellen Einwand zurückgezogen.

In dem betreffenden Aufsatz habe ich wohl zum ersten Male ausgesprochen und quantitativ formuliert, daß eine Beschleunigungsrelativität nur durchführbar ist, wenn den Zentrifugalkräften eines rotierenden Körpers Zentripetalkräfte aller übrigen Massen entsprechen, so zwar daß kein dynamischer Unterschied dazwischen ist, ob der Körper gegen alle übrigen Massen, oder

1) Diskussionsbemerkung G. Mie, zum Vortrage Einsteins, diese Zeitschr. 14, 1264, 1913; Abraham, Die neue Mechanik, Scientia Jan. 1914, Sur le problème de la relativité, Juli 1914.

alle übrigen Massen gegen den Körper rotieren[1]).

Jedoch hatten meine damaligen Ansätze die Gleichheit der trägen und der schweren Masse nicht als notwendig enthalten, da dort der Ansatz mit gesonderter kinetischer und potentieller Energie gemacht wurde.

Schon Herrn Einsteins Äquivalenzhypothese der mechanischen und optischen Identität eines Beschleunigungsfeldes mit einem Felde konstanter Schwere schien den tieferen Sinn zu bergen, daß auch die Schwere ein Widerstand gegen Beschleunigung sei. Freilich konnte man dort diese Vorstellung nicht durchführen, wenn man zu inhomogenen Gravitationsfeldern überging. Auch an die Grundannahme der Hertzschen Prinzipien der Mechanik möge hier erinnert werden, derzufolge alle Kräfte als Trägheitskräfte aufgefaßt werden sollten. Jedoch steht der Hertzschen Mechanik die Vorstellung der Relativität der Trägheit ganz fern. Umso bemerkenswerter ist es, daß grade diese Vorstellung es ermöglicht, die Hertzsche Idealforderung der Darstellung der Gravitation als Trägheitskraft zu erfüllen.

In dieser Richtung führte das Auftreten der oben erwähnten Gegenkräfte der Zentrifugalkraft mich nun zu dem Versuch, diese Kräfte für die allgemeine Gravitation verantwortlich zu machen. Gelang er, so war damit die Gravitation als unmittelbare und notwendige Folge der Beschleunigungsrelativität gedeutet, die Identität zwischen schwerer und träger Masse als selbstverständlich erwiesen und das Schwerefeld nicht bloß wie bei Einstein äquivalent einem beschleunigten Raum, sondern die Schwerkraft selbst identisch mit einem Widerstande gegen relative Beschleunigung.

Zunächst sollen die folgenden Sätze abgeleitet werden:

1. Die Trägheitskraft der Mechanik läßt sich darstellen als der resultierende Widerstand gegen Translationsbeschleunigungen einer Masse relativ zu allen übrigen Massen des Raumes.

2. Die Schwere oder Newtonsche Gravitation läßt sich darstellen als Trägheitskraft der Rotation der Massenteilchen gegeneinander.

Der erste Satz ist im Prinzip schon in meinem früheren Aufsatz enthalten. Dort war die kinetische Energie eines abgeschlossenen Systems von 2 Massenpunkten, m_1 und m_2 im Abstande r, $T = m_1 m_2 \dot{r}^2 f(r)$ gesetzt. Jedoch sah ich damals keinen Grund, $f(r)$ nicht einer Konstanten gleich zu setzen, und nahm für die Gravitation eine besondere Kräftefunktion an.

Hier soll nun aber für die Funktion $f(r)$ des gegenseitigen Abstandes eine solche eingesetzt werden, daß es keiner Kräftefunktion für die Gravitation bedarf.

Der Fortschritt möge also zunächst darin bestehen, Trägheit und Gravitation allein aus der kinetischen Energie abzuleiten.

Es werde für ein System von Massen die kinetische Energie gesetzt:

$$T = \frac{1}{2} \sum \mu_s \mu_t \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-1}, \qquad (1)$$

wo r_{st} der Abstand der Punkte s und t mit gewissen Massenkonstanten μ_s und μ_t und $\dot{r}_{st}$ die Änderungsgeschwindigkeit dieses Abstandes. Die Frage, wie diese Abstände und Geschwindigkeiten zu messen sind, soll als vorläufig unerheblich außer acht bleiben.

Die Lagrangeschen Gleichungen liefern dann die Kräfte zwischen den Massenpunkten:

$$K_{st} = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{r}_{st}}\right) - \frac{\partial}{\partial r_{st}}(T).$$

Mit

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{r}_{st}} = \dot{r}_{st} r_{st}^{-1} \mu_s \mu_t,$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{r}_{st}}\right) = (\ddot{r}_{st} r_{st}^{-1} - \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-2}) \mu_s \mu_t,$$

$$\frac{\partial T}{\partial r_{st}} = -\dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-2} \frac{\mu_s \mu_t}{2}$$

wird:

$$K_{st} = \mu_s \mu_t \left(\ddot{r}_{st} r_{st}^{-1} - \frac{1}{2} \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-2}\right). \qquad (2)$$

Es werde nun das ganze System auf ein beliebiges rechtwinkliges Koordinatensystem bezogen, so daß man setzen kann:

$$r_{st} = [(x_s - x_t)^2 + (y_s - y_t)^2 + (z_s - z_t)^2]^{\frac{1}{2}},$$

$$\dot{r}_{st} = r_{st}^{-1}[(x_s - x_t)(\dot{x}_s - \dot{x}_t) + (y_s - y_t)(\dot{y}_s - \dot{y}_t) + (z_s - z_t)(\dot{z}_s - \dot{z}_t)],$$

$$\ddot{r}_{st} = r_{st}^{-1}[(x_s - x_t)(\ddot{x}_s - \ddot{x}_t) + (y_s - y_t)(\ddot{y}_s - \ddot{y}_t) + (z_s - z_t)(\ddot{z}_s - \ddot{z}_t)] - r_{st}^{-1} \dot{r}_{st}^2.$$

Ferner werde die Kraft in der Richtung einer Achse, z. B. der X-Achse, als Summe der Projektionen der radialen Kräfte ermittelt zu:

$$X_t = \sum K_{st} (x_s - x_t) r_{st}^{-1}$$

$$= \mu_t \sum \mu_s \left(\ddot{r}_{st} r_{st}^{-1} - \frac{1}{2} \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-2}\right)(x_s - x_t) r_{st}^{-1}. \qquad (3)$$

Läßt man den Anfangspunkt des Koordinatensystems mit dem Punkte t nach Ort und

---

1) H. Reißner, Über die Relativität der Beschleunigungen in der Mechanik. Diese Zeitschr. 15, 371 bis 375, 1914.

Geschwindigkeit, jedoch nicht nach Beschleunigung zusammenfallen, d. h. setzt man

$$x_t,\ \dot{x}_t,\ y_t,\ \dot{y}_t,\ z_t \text{ und } \dot{z}_t = 0,$$

so kann man schreiben:

$$\ddot{r}_{st} = (-\ddot{x}_t x_s - \ddot{y}_t y_s - \ddot{z}_t z_s) r_{st}^{-1} + \ddot{r}_{st}^0.$$

Hierbei bedeute $\ddot{r}_{st}^0$ die Gegenbeschleunigung des Punktes s gegen den Anfangspunkt des Koordinatensystems.

Damit wird die X-Komponente der Kraft ähnlich wie in meinem früheren Aufsatz:

$$\begin{aligned} X_t = &- \ddot{x}_t \mu_t \sum \mu_s x_s^2 r_{st}^{-3} \\ &- \ddot{y}_t \mu_t \sum \mu_s x_s y_s r_{st}^{-3} - \ddot{z}\, \mu_t \sum \mu_s x_s z_s r_{st}^{-3} \\ &+ \mu_t \sum \mu_s x_s \left(\ddot{r}_{st}^0 r_{st}^{-2} - \frac{1}{2} \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-3} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Die Newtonsche Grundgleichung Masse mal Beschleunigung gleich Kraft gilt dann, wenn man setzt:

$$\begin{aligned} &\mu_t \sum \mu_s x_{st}^2 r_{st}^{-3} = \mu_t \sum \mu_s y_{st}^2 r_{st}^{-3} \\ &\quad = \mu_t \sum \mu_s z_{st}^2 r_{st}^{-3} = \frac{\mu_t}{3} \sum \mu_s r_{st}^{-1} = m_t \\ &\sum \mu_s x_{st} y_{st} r_{st}^{-3} = \sum \mu_s x_{st} z_{st} r_{st}^{-3} \\ &\quad = \sum \mu_s y_{st} z_{st} r_{st}^{-3} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Außerdem muß man die letzte Summe der rechten Seite der Gl. (4) entweder gleich Null setzen und damit dazu benutzen, die Bewegung des Koordinatensystems festzulegen oder sie als äußere Kraft, z. B. als Gravitationskraft auffassen oder diese Summe teils für den einen, teils für den anderen Zweck ausnutzen.

In diesen verschiedenen Möglichkeiten liegt die Äquivalenz der Mechanik für Trägheitskräfte und die übrigen Naturkräfte.

Würde man die Aussagen der Gl. (5) nicht machen wollen, so würde statt der Newtonschen Skalartheorie der Trägheit mit dem Skalar Masse eine zunächst dreidimensionale Tensortheorie der Trägheit mit den in Gl. (5) angegebenen 6 Komponenten eines symmetrischen Tensors entstehen. Es ist bekannt, daß die verallgemeinerte Einstein-Großmannsche Relativitätstheorie, die freilich einen viel allgemeineren Ausgangspunkt hat, ebenfalls zu dieser Auffassung neigt.

Zu beachten ist ferner, daß die Masse

$$m_t = \frac{\mu_t}{3} \Sigma \mu_s r_{st}^{-1}$$

eines Punktes auch in einer Skalartheorie keine Weltkonstante sein kann, vielmehr eine Funktion des Ortes ist. Bei denjenigen Kräften allerdings, die ebenfalls proportional der Masse sich herausstellen, wird diese Veränderlichkeit nicht in Erscheinung treten. Auch diese Veränderlichkeit ist allen beschleunigungsrelativen Theorien gemeinsam.[1])

Daß andererseits die klassische Mechanik mit der Masse als konstanter Skalargröße so gute Dienste leistet, muß wohl als Anzeichen dafür aufgefaßt werden, daß wir uns in einem Teil des Weltraumes mit genügend symmetrischer Massenverteilung befinden, falls es sich nicht etwa herausstellen sollte, daß uns der tensorielle und veränderliche Charakter der trägen Masse zufolge der veränderlichen Eigenschaften unserer Meßinstrumente als skalarer und unveränderlicher erscheint. Da jedoch die verallgemeinerte Relativitätstheorie unseren Meßinstrumenten die Möglichkeit, eine Krümmung der Lichtstrahlen und eine Verschiebung der Spektrallinien im Schwerefeld festzustellen, zubilligt, scheint mir die zweite Auslegung weniger wahrscheinlich. Es wäre auch nach Gl. (4) die Frage aufzuwerfen, ob sich nicht Anzeichen dafür finden, daß die Trägheitskräfte in der Ebene der Milchstraße größer sind, als senkrecht zu derselben.

Daß man in der Tat die letzte Summe der Gl. (4) als Gravitationswirkung auffassen darf, soll nun im einzelnen nachgewiesen werden.

Das letzte Glied des Kraftausdruckes (4) bedeutet eine Kraft in der Verbindungslinie zweier Massenpunkte vom Betrage:

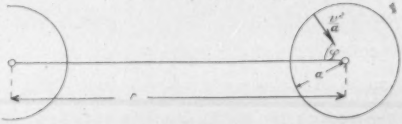
$$K_{st} = \mu_s \mu_t \left(\ddot{r}_{st} r_{st}^{-1} - \frac{1}{2} \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-2} \right). \quad (2)$$

Es soll hiernach berechnet werden, welcher Art eine solche Kraft ist, wenn sich zwei Rotationskörper, die jeder um ihre Symmetrieachse rotieren, in einer Entfernung, die groß ist gegen die Abmessungen der Körper, gegenüberstehen.

Ein Massenelement $d\mu$ hat die nach seiner Rotationsachse gerichtete Beschleunigung $\frac{v^2}{a}$, wo v die Umfangsgeschwindigkeit und a der Radius der Rotation.

Die in der kürzesten Entfernung beider, zunächst parallel angenommener Rotationsachsen liegende Beschleunigungskomponente ist dann $\frac{v^2}{a} \cos\varphi$ (siehe Fig.) und es wird das Glied:

$$\ddot{r} r^{-1} = \frac{v^2 \cos\varphi}{a (r + a \cos\varphi)}.$$



1) In der Nordströmschen Theorie z. B. wird die Masse $m = \mu \left(\text{konst.} - \sum \frac{\mu}{r} \right)$ gesetzt.

Integriert man über ein Ringelement, so erhält man:

$$\int d\mu \ddot{r} r^{-1} = v^2 \nu \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi \cos\varphi}{r + a\cos\varphi}, \qquad (6a)$$

wo ν eine Liniendichte von μ längs der betrachteten Kreislinie.

Für kleine $\frac{a}{r}$ wird dieses Integral:

$$\frac{v^2 \nu}{r^2} \int_0^{2\pi} d\varphi \cos\varphi (r - a\cos\varphi) = \frac{v^2 \nu \pi a}{r^2} = \frac{v^2 d\mu}{r^2}.$$

Entsprechend wird $\dot{r} = v \sin\varphi$ und:

$$\int d\mu \dot{r}^2 r^{-2} = v^2 \nu a \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi \sin^2\varphi}{(r + a\cos\varphi)^2}$$

$$\backsim \frac{v^2 \nu a}{r^4} \int_0^{2\pi} d\varphi \sin^2\varphi (r - a\cos\varphi)^2 \qquad (6b)$$

$$= \frac{v^2 \nu a \pi}{r^2} = \frac{v^2 d\mu}{r^2}.$$

Die Anziehung des ganzen Körpers mit dem Index s auf einen anderen nicht rotierenden Körper vom Massenkoeffizienten μ_t im Abstande r wird also:

$$\mu_t \frac{\omega^2}{2r^2} \int a^2 d\mu_s = \frac{1}{2} \mu_t \mu_s \frac{k_s^2 \omega_s^2}{r_{st}^2},$$

wo k_s der Trägheitsradius, ω_s die Winkelgeschwindigkeit des Körpers s.

Rotieren beide Massen, so addieren sich bei kleinem $\frac{a}{r}$ die Wirkungen und es wird die Anziehungskraft:

$$K = \frac{1}{2} \mu_s \mu_t \frac{k_s^2 \omega_s^2 + k_t^2 \omega_t^2}{r^2}. \qquad (2a)$$

Die Form dieses Kraftgesetzes entspricht schon der Newtonschen Gravitation, jedoch ist die Anziehung eines so rotierenden Teilchens nicht gleichmäßig nach allen Richtungen, sondern am größten senkrecht zur Rotationsachse und gleich Null in dieser Achse.

Steht nämlich die Verbindungslinie (der Abstand r) der Mittelpunkte zweier Massen unter dem Winkel ψ zur Drehachse eines der Teilchen, so ist die Komponente der Zentripetalbeschleunigung längs dieser Verbindungslinie $\frac{v^2}{a} \cos\varphi \sin\psi$ und der Abstand dieses Teilchens von dem Mittelpunkt der anderen Masse $r + a\cos\varphi \sin\psi$ für kleines $\frac{a}{r}$. Unter dieser Voraussetzung multiplizieren sich die Integrale (6a), (6b) mit $\sin^2\psi$, und wenn man die Anziehungskraft für den Fall, daß die Drehachse mit dem Abstande r den Winkel ψ bildet mit K_ψ bezeichnet, erhält man

$$K_\psi = K \sin^2\psi.$$

Den Aufbau der gravitierenden Materie möge man sich nun so vorstellen, daß in jedem Volumenelement rotierende Teilchen ohne Bevorzugung einer Rotationsachse verteilt seien.

Dann läßt sich an dem Beispiel von 3 rotierenden Teilchen mit zueinander senkrechten Rotationsachsen einsehen, daß die resultierende Kraft auf eine andere in einer vorgeschriebenen Richtung liegende Masse

$$K_r = \frac{2}{3} \mu_s \mu_t \frac{k_s^2 \omega_s^2 + k_t^2 \omega_t^2}{2 r_{st}^2} \qquad (2b)$$

betragen muß.

Hierbei sei z. B. unter μ_s die Summe aller Massenkoeffizienten der einzelnen rotierenden Teilchen der betrachteten Masse verstanden. Die betrachtete Masse habe jedoch, trotzdem sie eine vielleicht große Zahl unregelmäßig verteilter rotierender Teilchen enthält, eine gegen die Abstände nach den Teilchen der zweiten Masse des Index t hin sehr kleine Ausdehnung, so daß unter r_{st} der Abstand der Schwerpunkte der beiden Massen verstanden werden darf.

Soll sich in (2b) das Newtonsche Anziehungsgesetz ausdrücken, so muß die Beziehung gelten:

$$\gamma \frac{m_s m_t}{r^2} = \frac{1}{3} \frac{\mu_s \mu_t}{r^2} (k_s^2 \omega_s^2 + k_t^2 \omega_t^2),$$

wo γ die Gravitationskonstante.

Also wird nach Gleichung (5):

$$\gamma = 3 \frac{k_s^2 \omega_s^2 + k_t^2 \omega_t^2}{\varphi_s \varphi_t},$$

wo φ_s und φ_t die Potentialfunktionen $\sum \frac{\mu}{r}$ an den Orten der betrachteten Massen bedeuten.

Die Gravitationskonstante γ könnte allerdings nun nur in einem Raum von solcher Ausdehnung eine universelle Konstante sein, wo die in der Masseneinheit enthaltene Rotationsenergie $e = \frac{k^2 \omega^2}{2}$ und die Potentialfunktion φ genügend wenig veränderlich sind. Dann würde sein:

$$\gamma = 12 \frac{e}{\varphi^2}. \qquad (7)$$

Andererseits wurde oben in Übereinstimmung mit Herrn Einsteins Theorie der Gravitation gefunden, daß auch der für die Trägheit maßgebende Massenwert abhängig sein muß von der Lage zu allen übrigen Massen, genauer der

Potentialfunktion $\sum \frac{\mu}{r}$. Es war deswegen nur zu erwarten, daß auch die Gravitationskonstante von jenem Werte abhängen würde.

Es ist nun zweckmäßig, wegen des Überganges zur Relativitätstheorie die obigen Ergebnisse auch mit Hilfe der kinetischen Energie T des ganzen Systems darzustellen.

Der ganze Ansatz war ja ausgegangen von der Energiegröße aller Massen des Raumes:

$$T = \frac{1}{2} \sum \sum \mu_s \mu_t \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-1}.$$

Der auf eine Masse μ_t bezügliche Teil, der allein für die auf diese Masse wirkende Kraft in Betracht kommt, ist:

$$T_1 = \frac{1}{2} \mu_t \sum \mu_s \dot{r}_{st}^2 r_{st}^{-1}.$$

Die früheren Überlegungen haben gezeigt, daß man zufolge der Art der Massenverteilung diese Energie im wesentlichen in einen Teil, der nur von der Bewegung des betrachteten Punktes, und einen Teil, der von der Bewegung aller übrigen Punkte allein herrührt, zerlegen und setzen kann:

$$T_t = \frac{1}{2} \frac{\mu_t}{3} \sum \frac{\mu_s}{r_{st}} q^2 + \frac{1}{2} \mu_t \sum \mu_s \dot{r}_{st}^{0\,2} r_{st}^{-1},$$

wo $\dot{r}_{st}^0$ die Änderungsgeschwindigkeiten der Abstände von der mit ihrem Schwerpunkt in Ruhe gedachten Masse μ_t bedeuten.

Das erste Glied gibt den klassischen Ausdruck für die kinetische Energie einer mit der Geschwindigkeit q bewegten Masse $m_t = \mu_t \sum \frac{\mu_s}{r}$ wieder, das zweite Glied muß nach den früheren Überlegungen dann die Gravitationsenergie bedeuten, wenn in den $\dot{r}$ nur die Rotationen der Massen μ_s, jedoch nicht ihre Translationen berücksichtigt werden.

Die Auswertung dieses zweiten Gliedes ist in Wirklichkeit schon durch den früher gefundenen Kraftausdruck (2b) geleistet. Dieser bedingt eine Energie vom Betrage

$$\frac{2}{3} \mu_t k^2 \omega^2 \sum \frac{\mu_s}{r},$$

wo die Energiedichte der Rotation aller Elementarteilchen bezogen auf die Masseneinheit als gleich angenommen werden muß. Der vollständige Energieausdruck lautet dann:

$$T_t = \frac{1}{2} \frac{\mu_t}{3} \sum \frac{\mu_s}{r} \left(q^2 + 4 k^2 \omega^2 \right). \qquad (1a)$$

Aus diesem Ausdruck ergibt sich nun wiederum sowohl die Trägheitskraft als auch die Schwerkraft in der Form:

$$\text{Trägheitskraft } K_t = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) = \frac{d}{dt} (m \dot{x}), \qquad (4a)$$

$$\text{Schwerkraft } K_g = \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{2}{3} k^2 \omega^2 \mu_t \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum \frac{\mu_s}{r} \right). \qquad (4b)$$

Dieser Kraftausdruck würde mit dem Newtonschen vollständig übereinstimmen, wenn überall dieselbe Proportionalität zwischen Massenkoeffizient μ und Masse m bestände. Dies ist aber nur näherungsweise dort der Fall, wo die Potentialfunktion $\sum \frac{\mu}{r}$ sich genügend allmählich ändert. Setzt man nämlich

$$\mu_t = m_t \frac{3}{\varphi},$$

wo

$$\varphi = \sum \frac{\mu_s}{r},$$

so erhält man:

$$K_g = 6 k^2 \omega^2 \frac{m_t}{\varphi} \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum \frac{m_s}{\varphi r} \right)$$

$$= m_t 6 \frac{k^2 \omega^2}{\varphi} \left[\frac{1}{\varphi} \frac{\partial}{\partial x} \sum \frac{m_s}{r} - \frac{1}{\varphi^2} \sum \frac{m_s}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right].$$

Wird nun $\varphi = \sum \frac{\mu}{r}$ als groß und $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ als klein vorausgesetzt, so ergibt sich in erster Näherung

$$K_g = 6 \frac{k^2 \omega^2}{\left(\sum \frac{\mu}{r} \right)^2} m_t \frac{\partial \sum \frac{m}{r}}{\partial x},$$

also die Gravitationskonstante wie oben:

$$\gamma = 6 \frac{k^2 \omega^2}{\left(\sum \frac{\mu}{r} \right)^2}. \qquad (7)$$

Es folgt also auch hier wie in allen neueren Gravitationstheorien eine nur näherungsweise Gültigkeit der Laplace-Poissonschen Potentialgleichung der Gravitation, wobei allerdings diese Näherung als äußerst genaue herauskommen muß.

Im übrigen erfüllen die Kraftformen (4a) und (4b) die Bedingung, daß in allen Punkten des Gravitationsfeldes alle Massen dieselbe Beschleunigung erfahren (gleich schnell fallen), sobald dte Rotationsenergie der Masseneinheit nicht von der stofflichen Natur, sondern nur von dem Orte abhängt.

Die Einordnung der bis hierher erzielten Ergebnisse in eine Feldtheorie, welche auch die zeitlichen Änderungen umfaßt und dem Relativitätspostulat genügt, ist erwünscht.

Nun ist nach Anmerkung auf S. 181 jedenfalls sicher, daß dieser Anschluß nicht an die Nordströmsche Skalartheorie der Gravitation erfolgen kann, da dort die träge Masse bei Annäherung anderer Massen abnimmt, während sie bei unserem Ansatz ähnlich wie in der Einsteinschen Theorie wächst. Es scheint auch der Charakter des obigen Ansatzes mehr auf eine Tensortheorie hinzudeuten.

Jedoch ist mir ein völliger Anschluß an das verallgemeinerte Relativitätsschema von Einstein-Großmann bisher nicht geglückt. Daß dies schwierig ist, scheint mir folgenden Grund zu haben.

Die vollständigen Differentialgleichungen des Gravitationsfeldes und der vollständige kovariante Spannungsenergietensor der Massenströmung in Einsteins letzten Veröffentlichungen, welche zusammen die Verallgemeinerung der Laplace-Poissonschen Potentialgleichung bilden, stellen ein mathematisch sehr schwieriges Problem dar. Einstein selbst gewinnt allerdings aus ihnen trotzdem schon wertvolle Ergebnisse, indem er das Linienelement der bisherigen Relativitätstheorie als erste Näherung ansetzt und aus dem Energietensor dieser ersten Näherung vermittelst der nun linear werdenden Differentialgleichungen des Feldes eine klein vorausgesetzte Korrektur findet.

Durch dieses Verfahren verzichtet er bewußter Weise auf einen Einblick in den mechanischen Aufbau der Ausgangswerte des Linienelements, die er als gegeben annimmt, trotzdem sie aus den Differentialgleichungen folgen müßten. Grade diese physikalische Vorstellung liefern aber, wenn auch nur für das Gleichgewicht des Feldes die hier gegebenen Ansätze, die also vielleicht erst nach einer anderen Integrationsmethode der allgemeinen Einsteinschen Feldgleichungen sich in diese einordnen lassen. Ich glaube an einen solchen Anschluß deswegen, weil meine Ergebnisse in bezug auf die Abhängigkeit zwischen Trägheit, Potentialfunktion und Lichtgeschwindigkeit ganz ähnlich gebaut sind, wie die Einsteinschen und das Einsteinsche Schema von sehr großer Reichweite sein muß.

Immerhin möchte ich in Folgendem einen skalaren Ansatz einer Feldtheorie mitteilen, der in genügend kleinen Gebieten der früheren Relativitätstheorie gehorcht und die obigen Ergebnisse als erste Näherungen enthält. Ich setze das Linienelement

$$ds = dt\left[c_0^2 - \frac{\varphi}{\varphi_0}\left(4k^2\omega^2 + q^2\right)\right]^{\frac{1}{2}},$$

wo c_0 eine übrigens sehr große Konstante ist, q die Geschwindigkeit des betrachteten Punktes bedeutet und φ der vierdimensionalen Potentialgleichung

$$\Box\varphi = -4\pi\varrho$$

gehorcht, wobei φ_0 der Wert von φ am Koordinatenanfangspunkt. ϱ sei hierbei die Ruhmassendichte von μ und $k^2\omega^2$ ist wieder als Konstante zu behandeln.

Die Lagrangesche Funktion habe den Wert:

$$H = -\mu\frac{\varphi_0}{3}c_0\frac{ds}{dt} = m_0 c_0\frac{ds}{dt}.$$

Es wird dann die Trägheitskraft:

$$K_t = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{x}}\right) =$$

$$= \mu\frac{d}{dt}\left[m\dot{x}\left(1 - \frac{\varphi}{\varphi_0}\left(4k^2\omega^2 + q^2\right)\right)^{-\frac{1}{2}}\right],$$

Die Gravitationskraft nimmt den Wert an:

$$K_g = \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\mu}{3}\frac{\partial\varphi}{\partial x}\left(2k^2\omega^2 + \frac{q^2}{2}\right)$$

$$\left(1 - \frac{\varphi}{\varphi_0}\left(4k^2\omega^2 + q^2\right)\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Die früheren Kräfte der Gl. (4a) und (4b) stellen offenbar die erste Näherung dieser letzteren Kraftausdrücke dar, welche eine Erweiterung des Newtonschen Kraftgesetzes für den Fall endlicher Geschwindigkeit bedeuten.

Nimmt man ferner, wie in der Relativitätstheorie an, daß das Linienelement $ds = 0$ eine Geschwindigkeit q gleich der Lichtgeschwindigkeit ergibt, so wird diese

$$c = \sqrt{c_0^2\frac{\varphi_0}{\varphi} - 4k^2\omega^2}.$$

Sie nimmt also bei Annäherung an Massen ab. c_0 ist die Lichtgeschwindigkeit am Anfangspunkte, wenn keine Massenrotation bestände.

Auch die Energie eines Massenpunktes ergibt sich als Verallgemeinerung des früheren Energieausdruckes (1a) durch den üblichen Ansatz:

$$E = \frac{\partial H}{\partial \dot{x}}\dot{x} + \frac{\partial H}{\partial \dot{y}}\dot{y} + \frac{\partial H}{\partial \dot{z}}\dot{z} - H$$

$$= mc^2\left(1 - \frac{\varphi}{\varphi_0}\left(q^2 + 4k^2\omega^2\right)\right)^{-\frac{1}{2}}$$

Auch der Energiewert vermindert sich also bei Annäherung an andere Massen.

Die obigen aus dem vierdimensionalen Linienelement abgeleiteten Ausdrucke gehen im Anfangspunkt des Koordinatensystems und bei Ab-

wesenheit von Massenrotation in die bekannten Ausdrücke der Einstein-Minkowskischen Relativitätstheorie über.

Die bei der Rotation von Massen unter Voraussetzung der Relativität der Trägheit entstehenden, gravitationsartigen Kräfte führen sich darauf zurück, daß bei jeder Rotation die Anziehung erzeugenden Zentripetalbeschleunigungen näher zu allen anderen Massen liegen als die Abstoßung erzeugenden. Die oft gestellte Frage nach der Möglichkeit negativer Massen verneint sich damit ganz von selbst.

Diese Wirkungsweise der Rotation ist nun aber auch anderen Bewegungsformen eigen, wenn man statt der Kräfte und Beschleunigungen ihre zeitlichen Mittelwerte zuläßt. Jede Ansammlung von sich irgendwie durcheinander bewegenden Massenteilchen muß eine gravitationsartige Anziehung auf andere Massen ausüben, sofern die oben angesetzte Relativität der Trägheit richtig ist. Für die Ausrechnung würde es auf die zeitlichen und räumlichen Mittelwerte von $\mu \dot{r}^2 r^{-1}$ ankommen und die mittlere Wirkung würde der einer Rotation von gewissem Betrage äquivalent sein.

Schließlich kann man nun noch die Frage aufwerfen, ob nicht die allgemeine Rotation aller Massenteilchen vom Standpunkt der Relativität der Trägheit ebenfalls gedeutet werden kann. In der Tat muß auch jedes Drehmoment der Trägheitskräfte durch entsprechende Drehmomente an allen anderen Massen aufgenommen werden, also müssen auch jeder Änderung einer Winkelbewegungsgröße alle anderen Winkelbewegungsgrößen folgen. Es muß dadurch also ein gewisser Ausgleich der Rotationen aller Massen vor sich gehen.

Zusammenfassung.

Ein früherer Ansatz für die beschleunigungsrelative Form der kinetischen Energie von Massen wird dergestalt vereinfacht, daß die Gravitationswirkung ohne Hinzuziehung einer potentiellen Energie als reine Trägheitswirkung erscheint.

Hierzu ist allerdings die Hypothese notwendig, daß alle ein Gravitationsfeld erregenden Massen Rotation besitzen und die Rotationsachsen unregelmäßig gerichtet und verteilt sind. Die Gravitationskraft wird dann als gegenseitige Zentripetalkraft dargestellt.

Die träge Masse wird bei diesem Ansatz nur näherungsweise als Skalar gefunden, und zwar dann, wenn man eine genügende Symmetrie der Massenverteilung des Weltraums annimmt.

Sowohl träge als auch anziehende Masse sind in ihrer Größe in gleicher ganz bestimmter Weise von der Verteilung aller übrigen Massen abhängig.

Während der erste Ansatz eines Elementargesetzes zweier Massen einer Tensortheorie der Trägheit und Gravitation zu entsprechen scheint, wird unter Voraussetzung einer gewissen Symmetrie der Massenverteilung und Massenrotation unseres Raumes eine Skalartheorie der Gravitation aufgestellt und es werden die wesentlichen, vorher als Fernwirkungen aufgefaßten Ergebnisse mit Hilfe einer Lagrangeschen Funktion des Feldes wiedergefunden. Es folgt aus ihr eine Vergrößerung der trägen Masse und eine Verminderung der Lichtgeschwindigkeit und der Energie bei Annäherung von Massen.

(Eingegangen 1. April 1914.)

Über Löschvorgänge in Funkenstrecken.

(Mitteilung aus dem Institut für angewandte Elektrizität der Universität Göttingen.)

Von H. Masing und H. Wiesinger.

Einleitung.

Die grundlegenden Versuche von H. Th. Simon[1]) über den Wechselstromlichtbogen haben wohl zuerst die Auffassung mit Entschiedenheit zur Geltung gebracht, daß eine einzelne Funkenentladung als ein Wechselstromlichtbogen hoher Frequenz aufzufassen ist. Durch diesen Wechselstromlichtbogen hindurch schwingt die in dem Entladungskreise befindliche Energie gedämpft aus. Entsprechend hat die dynamische Charakteristik beim Funken und Wechselstromlichtbogen im wesentlichen die gleichen Eigenschaften, was von Roschansky[2]) experimentell bestätigt wurde. Für unsere Arbeit ist von entscheidender Bedeutung das von H. Th. Simon erhaltene und später von seinen Schülern mehrfach bestätigte Resultat, daß mit abnehmender Stromamplitude der dynamische Zündgipfel der Charakteristik zu höheren Spannungswerten hinauf wächst, und zwar um so mehr, je geringer die Lichtbogenhysteresis ist (s. Fig. 1). Wir wollen die zu diesem Gipfel gehörige Spannung „dynamische Zündspannung" nennen.

Bei genügend klein werdender Stromamplitude wächst die dynamische Zündspannung so in die Höhe, daß schließlich die zur Verfügung stehende Elektrodenspannung die Zündspitze

1) H. Th. Simon, diese Zeitschr. **6**, 297, 1905.
2) D. Roschansky, diese Zeitschr. **9**, 627, 1908.

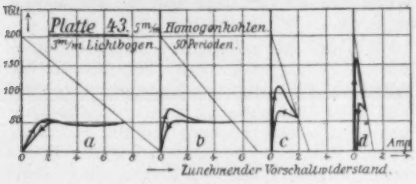


Fig. 1.

nicht mehr überklettern kann. In diesem Moment erlischt der Bogen.

Von diesem phänomenologischen Verhalten gibt die Simonsche Theorie der Lichtbogenhysteresis eine sehr befriedigende Rechenschaft, und man gelangt daher von dieser Theorie aus auch zu einem weitgehenden Verständnis der im oszillatorischen Entladungsfunken ablaufenden Vorgänge. H. Th. Simon hat auch schon früh das oben hervorgehobene Verhalten zur Erklärung der von M. Wien entdeckten Löschfunkenwirkung herangezogen, die unter gewissen Umständen in der Funkenstrecke des Primärkreises zweier gekoppelter Systeme auftritt. Nimmt die Stromamplitude infolge der durch die Koppelungsschwingungen verursachten Schwebungen ab, so steigt die dynamische Zündspannung. In dem Moment, wo die Stromamplitude unter einen gewissen Betrag gesunken ist, wird diese Zündspannung so hoch, daß der umkehrende Strom nicht mehr zu ihrer Überwältigung ausreicht. Der Funke erlischt und die im Sekundärkreis aufgespeicherte Energie kann nicht in den Primärkreis zurück, muß also im Sekundärkreis frei ausschwingen.

Diese auf die Lichtbogenhysteresis gestützte Erklärung des Vorganges, durch die in alle Einzelheiten und scheinbare Komplikationen Klarheit gebracht wird, ist noch fast nicht in die entsprechende Literatur übergegangen. Vielmehr scheinen meist noch höchst unklare Vorstellungen zu herrschen, über deren Unzulänglichkeiten häufig mit mehr oder weniger nichtssagenden Worten hinweggegangen wird. Darum schien es erwünscht, die Anwendungsmöglichkeit jener Theorie auf das Löschfunkenproblem einmal im Zusammenhang zu prüfen.

Mit dieser Prüfung wurden wir von Herrn Prof. H. Th. Simon betraut, und zwar sollte sie an dem einfachen von ihm ausgedachten Falle erfolgen, daß zwei etwas verstimmte Schwingungskreise durch eine gemeinsame Funkenstrecke erregt wurden. Durch die in der Funkenstrecke entstehenden Schwebungen, die lediglich durch Frequenzunterschiede der beiden Kreise, nicht durch Koppelung hervorgerufen wurden, muß ein Abnehmen der Stromamplitude eintreten, welches nach dem beschriebenen Prinzip zum Erlöschen des Funkens führt. In dem Moment, wo dieses Erlöschen eintritt, sind die Teilschwingungen in den beiden Kreisen in solcher Phase, daß sie ohne weiteres in Hintereinanderschaltung ausschwingen können. Da dieses Ausschwingen sich auf rein metallischer Leitungsbahn abspielt, so muß diese Schwingung bedeutend schwächer gedämpft sein, wie die Teilschwingungen.

Beim Studium der Literatur zeigte sich, daß ähnliche Anordnungen schon mehrfach vorgeschlagen und benutzt worden sind, so von Seibt, Mackü, Settnick, Rukop, Leimbach. Soweit Versuche damit vorliegen, wird weiter unten ihre Beziehung zu unseren Beobachtungen erörtert werden.

Experimenteller Teil.

a) Resonanzkurven.

Die Versuchsanordnung war folgende:

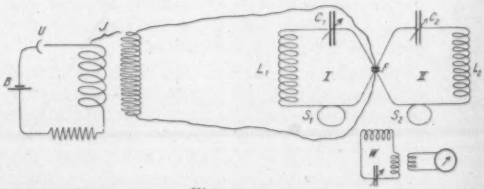


Fig. 2.

B = Batterie.
U = Quecksilberunterbrecher von Reiniger, Gebbert & Schall.
I = Induktor.
F = technische Löschfunkenstrecke nach Wien.
C_1 = Drehkondensator, variabel von $0{,}15 \cdot 10^{-3}$ bis $6{,}5 \cdot 10^{-3}$ MF.
C_2 = Drehkondensator, variabel von $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ bis $5{,}8 \cdot 10^{-3}$ MF.
W = Wellenmesser von Hahnemann; als Indikator wurde ein Wattzeiger von Hartmann & Braun (Maximalausschlag $^1/_{10}$ Watt, Widerstand 11 Ohm) verwandt.

Alle Verbindungsdrähte bestanden aus Litze.

Die Spulen L_1 und L_2 waren so weit voneinander entfernt, daß sie nicht aufeinander induzieren konnten.

Der Wellenmesser W war mittels der Induktionsspulen S_1 und S_2 mit den beiden Schwingungskreisen gleich fest gekoppelt; das wurde auf die Weise erreicht, daß zunächst die beiden Kreise bei derselben Wellenlänge einzeln erregt wurden. Dann wurde der Wellenmesser gegenüber den Spulen S_1 und S_2 so lange verschoben, bis von jeder Schwingung derselbe Ausschlag des Wellenmessers hervorgerufen wurde.

Die Kreise wurden dann durch gleichzeitige Veränderung der Kapazitäten C_1 und C_2 gegeneinander verstimmt. Es wäre exakter gewesen, die Änderung der Frequenz durch gleichzeitige Variation von Selbstinduktion und Kapazität der Schwingungskreise herbeizuführen, so daß immer die Beziehung $\frac{L_1}{L_2} = \frac{C_1}{C_2}$ erfüllt geblieben wäre. Denn nur dann können die Stromamplituden der beiden Teilschwingungen gleich sein. Da uns nur variable Kapazitäten und keine variablen Selbstinduktionen zur Verfügung standen, waren die Intensitäten der Teilschwingungen etwas verschieden.

Bei der Aufnahme der Resonanzkurven kam es uns nur darauf an, zur Anschauung zu bringen, wie sich mit wachsendem Verhältnis der Wellenlängen die Löschwirkung ändert; daher wurde kein Wert darauf gelegt, daß die Wellenlänge der schwachgedämpften Schwingung immer genau dieselbe blieb.

Für verschiedene Verhältnisse der Wellenlängen λ_1 und λ_2 wurden Resonanzkurven aufgenommen (Fig. 3—10).

Die Resonanzkurven zeigen, daß im allgemeinen drei Schwingungen vorhanden sind. Zwei stark gedämpfte mit der Eigenfrequenz der Kreise I und II und eine schwach gedämpfte mit einer Frequenz, die immer zwischen den Eigenfrequenzen der Kreise I und II liegt, wie es sein muß, wenn die Energie in Hintereinanderschaltung schwingt. Kreis I hat nämlich die Konstanten L_1 und C_1, Kreis II L_2 und C_2, der durch Hintereinanderschaltung von I und II entstandene Kreis die Konstanten $L_1 + L_2$ und $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$.

Die Intensität der schwach gedämpften Schwingung hängt, wie man sieht, vom Verhältnis der Wellenlängen der Kreise I und II in hohem Maße ab. Bei einem bestimmten Verhältnis $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, das wir als kritisches Verhältnis bezeichnen wollen, ist die Intensität der schwachgedämpften Schwingung ein Maximum, die stark gedämpften Schwingungen sind in den Resonanzkurven neben ihr nicht mehr zu erkennen.

Bei weiteren Versuchen zeigte sich, daß für die Entstehung der schwach gedämpften Schwingung eine Wiensche Löschfunkenstrecke durchaus nicht nötig ist. Dieselbe Gestalt der Resonanzkurven erhält man bei einer beliebigen Funkenstrecke.

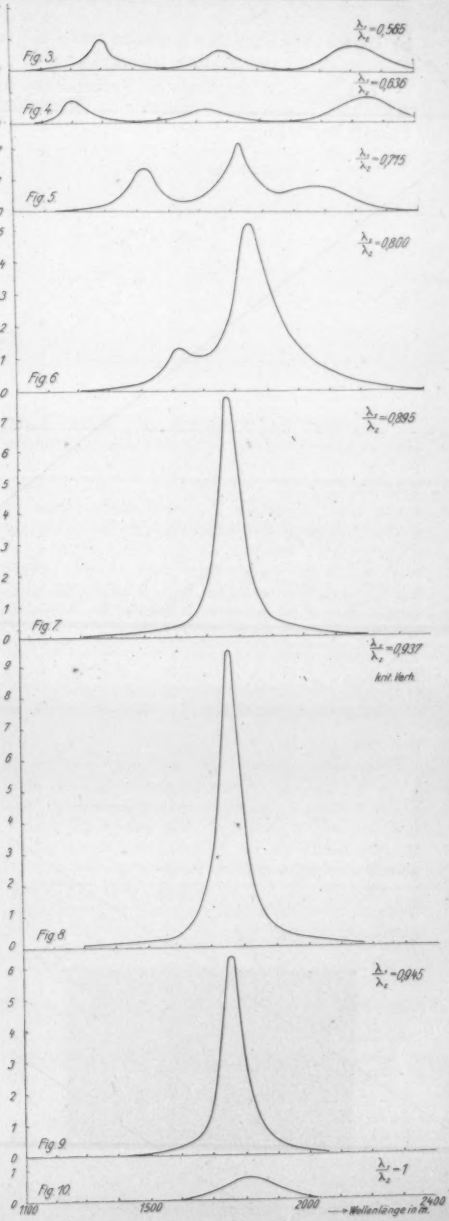


Fig. 3—10.

b) Untersuchung des Funkens mit Hilfe des rotierenden Spiegels.

Um über die Vorgänge im Funken näheren Aufschluß zu gewinnen, wurde er im rotierenden Spiegel beobachtet.

Versuchsanordnung.

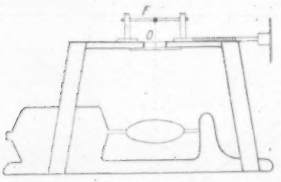


Fig. 11.

Das Bild der Funkenstrecke F fiel durch eine Öffnung O nach unten auf den rotierenden Spiegel. Das im rotierenden Spiegel erscheinende Bild wurde durch ein lichtstarkes Objektiv durch einen Spalt hindurch auf eine photographische Platte geworfen, die senkrecht zur Blickrichtung vorbeigeführt werden konnte. Die Öffnung O war durch eine Glasplatte verschlossen, damit die durch den rotierenden Spiegel erzeugten Luftwirbel den Funken nicht beeinflussen konnten.

Der rotierende Spiegel stammte von Boas und konnte maximal 12000 Touren pro Minute laufen.

Wenn das Verhältnis $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ verändert wurde, so sah man auf der stehenden Mattscheibe zeitlich nacheinander Bilder von der Art, wie sie in Phot. 1 (Fig. 11) nebeneinander abgebildet sind. Diese wurden so erhalten, daß, während das Verhältnis variiert wurde, gleichzeitig die photographische Platte an dem Spalt in ihrer ganzen Länge vorbeigeschoben wurde.

Der Spiegel lief so schnell, daß die Schwebungen, aber nicht die einzelnen Schwingungen, auseinandergelegt wurden.

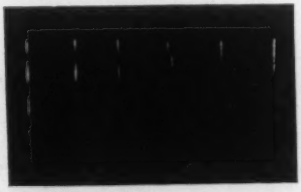


Fig. 12.

Aus diesen Bildern ist zu folgern:
Beim Verhältnis $^3/_4$ reißt der Funke nach 4 Schwebungen ab; mit steigendem Verhältnis werden die Schwebungen länger, der Funke reißt jetzt nach 3 Schwebungen, bei weiter steigendem Verhältnis nach 2 und endlich nach einer Schwebung ab (reine Löschwirkung).

Bei weiter steigendem Verhältnis wird der die eine Schwebung darstellende Strich immer länger. Beim Verhältnis 1 erreicht er seine größte Länge. Bei diesem Verhältnis kann ja aber von einer Schwebung nicht mehr die Rede sein; der Funke besteht hier während des ganzen Schwingungsvorganges.

Das Verhältnis, bei dem diese eine Schwebung am kürzesten ist, deckt sich genau, wie durch wiederholte Untersuchungen mittels Resonanzkurven nachgewiesen wurde, mit dem früher gefundenen kritischen Verhältnis. Dieses Verhältnis lag etwa bei 0,9.

c) Untersuchung des Einflusses der Funkenlänge und der Elektrodenmaterialien auf die Löschwirkung.

Die Schaltung wurde gegenüber Fig. 2 vervollkommnet:

1. Die bisher angewandte Funkenstrecke wurde durch eine andere ersetzt, bei der die Elektroden ausgewechselt werden konnten. Ihre Länge wurde mit Hilfe einer Schraube verändert, deren Ganghöhe 1 mm betrug. Auf dem Schraubenkopf war ein Teilkreis mit einer Gradeinteilung angebracht, so daß eine Verschiebung der Elektroden um $^1/_{360}$ mm bequem abgelesen werden konnte.

2. In den Kreis 1 wurde ein Schwingungsamperemeter von Hartmann & Braun (Meßbereich 0,1 bis 1 Amp., Widerstand 1 Ohm) gelegt. Durch besondere Versuche wurde festgestellt, daß beim kritischen Verhältnis der Ausschlag im Amperemeter ein Maximum ist; deswegen wurde bei diesen Versuchen dessen Ausschlag als Kriterium für das kritische Verhältnis benutzt.

Es wurden die verschiedensten Metalle für die Funkenstrecke verwendet: Silber, Kupfer, Messing, Aluminium, Nickel, Zink, Magnesium, Zinn, Blei, Stahl, Kohle.

Bei einem bestimmten Elektrodenmaterial wurde die Abhängigkeit des kritischen Verhältnisses von der Funkenlänge untersucht (Fig. 12). Die Funkenlänge wurde von dem kleinsten (unter $^1/_{10}$ mm) bis maximal 2 cm Funkenlänge variiert.

Es zeigte sich allgemein bei allen Elektrodenmaterialien, daß mit wachsender Funkenlänge das kritische Verhältnis dauernd zunimmt, aber auch bei den größten von uns untersuchten Funkenlängen einen gewissen Grenzwert nicht überschreitet. Das heißt also: von einem be-

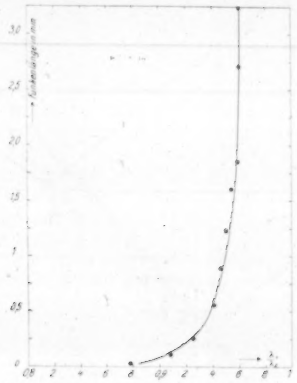


Fig. 13. Magnesium in Luft.

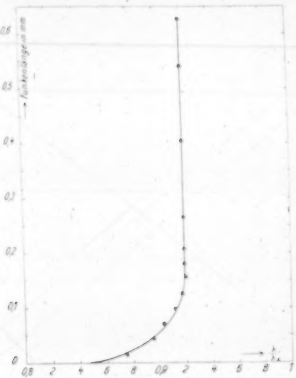


Fig. 14. Magnesium in Petroleum.

stimmten kritischen Verhältnis an werden beliebig lange Funken nach der ersten halben Schwebung gelöscht. Dieser Grenzwert des kritischen Verhältnisses scheint unabhängig vom Material zu sein. Dagegen ändert sich der allgemeine Verlauf der Kurven von Material zu Material erheblich.

Leider stellen sich der Untersuchung dieser interessanten Erscheinungen erhebliche Schwierigkeiten entgegen. In Luft wird fast jede Funkenstrecke chemisch angegriffen. Dadurch verändert sich selbsttätig die Funkenlänge und zwar nicht so, wie man denken sollte, daß sie sich dauernd vergrößert, sondern in ganz unregelmäßiger Weise. Auch beeinflußt die Oxydation der Elektrodenoberfläche die Elektronenemission und damit die charakteristischen Eigenschaften der Funkenstrecke. Dieser veränderten Funkenstrecke entspricht natürlich ein anderes kritisches Verhältnis.

Dadurch ist zu erklären, daß aus manchen Kurven nur der allgemeine Gang zu ersehen ist. Die zeitlich nacheinander aufgenommenen Kurven zeigen zwar denselben Charakter, decken sich aber absolut nicht. Nur Magnesium, allein von allen Metallen, zeigte alle diese störenden Erscheinungen nicht. Die zeitlich nacheinander aufgenommenen Kurven decken sich innerhalb der Beobachtungsfehler vollkommen. Diese Tatsache weist offenbar darauf hin, daß bei Magnesium auch in Luft keine den Funken beeinflussenden Veränderungen der Oberfläche vor sich gehen. Die durch Verbrennung von Elektrodenmaterial bewirkte Veränderung der Funkenlänge fällt hier bei reiner Löschwirkung überhaupt nicht ins Gewicht.

Von dem anfangs skizzierten Gesichtspunkte aus war es interessant, den Einfluß des zwischen den Elektroden befindlichen Mediums auf die Vorgänge im Funken zu untersuchen.

Es zeigte sich, daß bei Einbettung in Petroleum ebenfalls Löschwirkung auftrat. Dieses wurde durch Aufnahme von Resonanzkurven, Strommessungen und Beobachtung im rotierenden Spiegel bestätigt.

Bei gleicher Funkenlänge ist die Energie der Schwingung in Petroleum, wegen der höheren Zündspannung, bedeutend größer als in Luft.

Unsere Messungen erstreckten sich deswegen auch auf viel geringere Funkenlängen (maximal 1 mm statt 2 cm in Luft).

Die mit einer Magnesiumfunkenstrecke aufgenommene Kurve zeigt im allgemeinen denselben Verlauf, wie in Luft. Wesentlich unterscheidet sich nur der Grenzwert, der bei Petroleum nach den kleineren kritischen Verhältnissen $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ verschoben ist (statt bei 0,96 liegt der Grenzwert bei 0,92), d. h. reine Löschwirkung tritt schon bei viel schnelleren Schwebungen auf.

Versuche mit anderen Metallen und anderen Medien wurden durch den Krieg verhindert.

Diskussion der erhaltenen Resultate.

Auf Grund der Versuche hat man sich über die Entstehung der schwach gedämpften Schwingung bei unserer Anordnung folgende Vorstellung zu machen.

Die gleichzeitig durch den Funken erregten Schwingungskreise I und II schwingen zunächst unbeeinflußt voneinander mit ihren Eigenfrequenzen. Sind die Frequenzen der beiden Kreise etwas voneinander verschieden, so bilden sich in der Funkenstrecke durch Übereinanderlage-

rung der beiden Schwingungsströme Schwebungen, deren Frequenz durch die Differenz der Eigenfrequenzen bedingt ist.

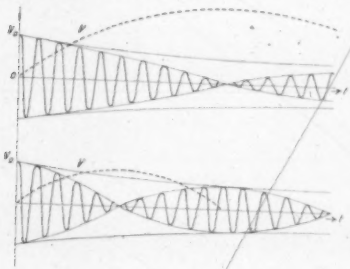


Fig. 15.

Bezeichnet I_{10} die Stromamplitude der stark gedämpften Schwingung des Kreises I, I_{20} die des Kreises II und I die Stromamplitude in der Funkenstrecke, so ist die erste Stromamplitude jeder Entladung in der Funkenstrecke annähernd $I = I_{10} + I_{20}$ (annähernd, da nach einer $^1/_4$ Periode wegen des Frequenzunterschiedes schon eine geringe Phasenverschiebung vorhanden). Während der ersten halben Schwebung nimmt sie dauernd ab, um im Schwebungsminimum ihr Minimum zu erreichen, $I = I_{10} - I_{20}$ (annähernd).

Durch das Abnehmen der Stromamplitude wird die dynamische Zündspannung erhöht und die Voraussetzungen zum Erlöschen des Funkens sind gegeben (s. Einleitung).

Der Funke erlischt also, wenn der Schwingungsstrom nicht mehr ausreicht die zur Erhaltung des Lichtbogens in der Funkenstrecke erforderliche dynamische Zündspannung hervorzubringen.

Die in Fig. 14 gestrichelte, mit V bezeichnete dynamische Zündspannung hat im Schwebungsminimum ein Maximum, dagegen die durch den Schwingungsstrom hervorgebrachte, in Fig. 14 ausgezogene und mit V_o bezeichnete, ein Minimum. Im Schwebungsminimum sind also die günstigsten Verhältnisse zum Erlöschen des Funkens.

Da die Schwingungen I und II gedämpft sind, so werden die Verhältnisse zum Erlöschen von einem Schwebungsminimum zum nächsten immer günstiger. Erlischt der Funke nicht während des ersten Schwebungsminimums, so tut er das während eines der nächsten.

Das Wachsen der dynamischen Zündspannung erfolgt aus zwei Gründen bei langsamen Schwebungen rascher, als bei kurzen. Einmal ist die Stromamplitude im Schwebungsminimum bei langsamen Schwebungen kleiner und zweitens ist das Stromminimum zeitlich ausgedehnter, also kommen die entionisierenden Einflüsse (Wärmeableitung, Wiedervereinigung der Ionen usw.) besser zur Geltung. Eben das drückt sich durch das von H. Th. Simon beobachtete Wachsen der Zündspannung bei sinkender Frequenz aus. (Diese Zeitschr. **6**, 310, Fig. 22, 1905.) Ersetzt man den Begriff Schwingungsfrequenz durch Schwebungsfrequenz, so kann man die Simonschen Ergebnisse direkt auf die Verhältnisse im Funken beziehen.

Die Bedingungen zum Löschen werden also durch Vergrößerung des Verhältnisses $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ verbessert, das Löschen erfolgt nach immer weniger Schwebungen, schließlich gleich bei dem ersten Schwebungsminimum; hier hat die Intensität der schwach gedämpften Schwingung ein Maximum. Vergrößert man $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ noch mehr, so wird die Intensität der schwach gedämpften Schwingung wieder kleiner, weil sie immer später und später einsetzt, zu einer Zeit, wo schon ein immer größerer Teil der Energie im Funken verzehrt ist. Beim Verhältnis 1 kommen schließlich überhaupt keine Schwebungen, also auch keine schwachgedämpfte Schwingung zustande.

Diese Anschauung wird durch die Versuche voll bestätigt. Die Resonanzkurven zeigen ein Maximum der Intensität der schwach gedämpften Schwingung bei demselben Verhältnis $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ (kritisches Verhältnis), bei dem der Funke, im rotierenden Spiegel besehen, zum erstenmal schon nach der ersten Schwebung abreißt.

Das Steigen des kritischen Verhältnisses mit wachsender Funkenlänge bedeutet, daß bei langen Funkenstrecken die Bedingung $V = V_o$ später erfüllt wird wie bei kurzen, d. h., daß bei langen Funkenstrecken die dynamische Zündspannung V mit abnehmender Stromamplitude langsamer wächst, als bei kurzen. Die einmal hergestellte Leitfähigkeit der Funkenbahn erhält sich in langen Funkenstrecken besser, als in kurzen, bei denen die schnellere Entionisation die Lichtbogenhysteresis verkleinert. (Vgl. H. Th. Simon, l. c.)

Es muß beachtet werden, daß das kritische Verhältnis nur ein Maß für die Löschwirkung, aber nicht für den Nutzeffekt der Anordnung ist. Wenn man nämlich auf irgendeine Weise erreicht, daß die schwach gedämpfte Schwingung früher einsetzt, so kann dieser Vorteil wieder verloren gehen durch entsprechend größere Dämpfung der starkgedämpften Schwingungen.

Aus dem von uns erhaltenen Resultat, daß kürzeren Funkenstrecken und Funkenstrecken in Petroleum ein kleineres kritisches Verhältnis entspricht, darf daher noch nicht geschlossen werden, daß auch der Nutzeffekt vergrößert wird. Zur Entscheidung dieser Frage müssen spezielle Versuche angestellt werden.

Diskussion der Literatur.

Auf die Wiensche Löschfunkenmethode[1]) läßt sich die entwickelte Anschauung direkt anwenden. Der Unterschied besteht nur darin, daß, wenn der Funke erlischt und die schwach gedämpfte Schwingung im Sekundärkreis einsetzt, die durch den Schwingungsstrom hervorgebrachte Spannung V_s vermehrt wird um die Spannung, die vom Sekundärkreis aus an der Funkenstrecke induziert wird.

Die Wiensche Anordnung mit gekoppelten Kreisen ist also von Natur dem Löschvorgang weniger günstig, als unsere. Dieser Unterschied muß bei langen Funkenstrecken besonders zur Geltung kommen; denn bei kurzen Funkenstrecken ist die Entionisation zwischen den Elektroden eine viel intensivere, die Lichtbogenhysteresis kleiner als bei langen. Die vom Sekundärkreis induzierte Spannung findet die Funkenstrecke schon entionisiert vor und vermag sie nicht wieder zu zünden. Die Erfahrung bestätigt dieses vollkommen — bei Wien sind lange Funkenstrecken ohne besondere Hilfsmittel[2]) praktisch ausgeschlossen. Bei der von uns benutzten Anordnung ruft die schwach gedämpfte Schwingung keine Spannung an der Funkenstrecke hervor, da sie an der Funkenstrecke ihren Spannungsknoten hat.

Die Abhängigkeit der Wienschen Löschfunkenerregung von dem Kopplungsgrad erklärt sich ganz in derselben Weise, wie in unserem Falle die Abhängigkeit der Löschwirkung von dem Verhältnis $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$. Für jene Abhängigkeit scheint uns bisher noch keine theoretische Erklärung gegeben worden zu sein.

Seibt[3]) hat, wie erwähnt, dieselbe Anordnung angegeben, wie die von uns benutzte, doch wendet er Hilfsfunkenstrecken an, die sich nach den in dieser Arbeit auseinandergesetzten Tatsachen und den mit diesen Tatsachen so befriedigend vereinbarten Anschauungen des Vorgangs, als überflüssig erweisen dürften.

Mackü[1]) vervollständigt die Anordnung durch gegenseitige Koppelung der beiden Kreise und gibt das Vorhandensein eines günstigsten Koppelungsgrades an. Doch liegen von den beiden letzgenannten Vorschlägen nur sehr allgemeine und andeutungsweise gehaltene Berichte vor, die keine Schlußfolgerungen erlauben.

Settnick[2]) und Rukop[3]) haben im Institut von Mie[4]) für ganz kurze Wellen eine ähnliche Anordnung benutzt. Der Unterschied gegenüber unserer Anordnung bestand darin, daß der eine Kreis im wesentlichen aus einer Kapazität, der andere aus zwei nahe der Funkenstrecke angebrachten geraden Drähten bestand („Antennen"). Die Kapazität des ersten Kreises war also wohl sehr viel größer, als die des zweiten. Reine Schwebungen konnten dann bei den großen Differenzen der Stromamplituden der beiden Schwingungen nicht durch direkte Übereinanderlagerung entstehen. Also müßte Koppelung die Ursache der Schwebungen und damit der Löschwirkung sein, und die Anordnung käme im wesentlichen auf die Wiensche hinaus.

In allerneuester Zeit haben Kröncke, Leimbach und Mayer[5]) eine Arbeit publiziert, die dieses Gebiet streift. Doch sind die Versuche so qualitativer Natur, daß wir aus ihnen nicht erkennen konnten, inwieweit unsere Anordnung etwa mit der Leimbachschen verwandt ist und inwieweit sich unsere Anschauung auch auf die Leimbachschen Versuche anwenden läßt. Jedenfalls ist uns die Erklärung, welche die Verfasser ihren Versuchen geben, nicht verständlich geworden, und wir neigen zu der Ansicht, daß auch auf ihre Versuche unsere Deutung mutatis mutandis zutreffen dürfte.

Es ist uns ein Bedürfnis, Herrn Prof. H. Th. Simon für die Anregung zu dieser Arbeit und das ihr entgegengebrachte fördernde Interesse, sowie für die Bereitwilligkeit, mit der er uns die Mittel des Instituts zur Verfügung gestellt hat, auch an dieser Stelle zu danken.

1) Wien, diese Zeitschr. **7**, 871, 1906.
2) Wien, Jahrb. d. drahtl. T. **3**, 135, 1910—1911.
3) Seibt, DRP. 241114 (1909) Jahrb. d. drahtl. T. **4**, 437, 1911—1912.

1) Mackü, Electrician **68**, 429, 1911.
2) Settnick, Ann. d. Phys. **34**, 565, 1911.
3) Rukop, Ann. d. Phys. **42**, 492, 1913.
4) Mie, diese Zeitschr. **11**, 1035, 1910.
5) Kröncke, Leimbach und Mayer, diese Zeitschrift **15**, 733, 1914.

(Eingegangen 22. April 1915.)

Der Neubau des Laboratoriums für Technische Physik der K. Technischen Hochschule München.[1])

Von Osc. Knoblauch und Fr. Noell.

Am 1. März 1902 wurde das Laboratorium für Technische Physik in München eröffnet mit der Aufgabe, vor allem solche physikalische Untersuchungen anzustellen, die für die Technik von besonderer Wichtigkeit sind. Zu diesem Zwecke war der K. bayerischen Staatsregierung von einer Reihe von Firmen ein erheblicher Geldbetrag zur Verfügung gestellt worden, und es war möglich, den Betrieb des Laboratoriums ohne einen besonderen Bau sogleich zu eröffnen, da Herr Geheimer Rat Professor Dr. von Linde in hochherziger Weise die Räume an der Lothstraße, in welchen vorher das Versuchslaboratorium der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen untergebracht war, von der Lindegesellschaft mietete und der Hochschule auf unbestimmte Zeit kostenlos zur Verfügung stellte.

Das Laboratorium hat fast 11 Jahre lang in diesen Räumen bestanden und ist am 1. Januar 1913 in den Neubau übergesiedelt, der im sog. Erweiterungsbau der K. Technischen Hochschule an der Luisenstraße errichtet worden ist. Da es in Deutschland als das erste Laboratorium für Technische Physik gegründet wurde und bis jetzt auch das einzige geblieben ist, so möge nachstehend eine kurze Beschreibung der Organisation des Laboratoriums und seiner Einrichtungen gegeben werden.[2])

Da das Laboratorium dem Verbande der Technischen Hochschule eingegliedert ist, hat es selbstverständlich in erster Linie Unterrichtszwecken zu dienen und es werden daher die erwähnten technisch-physikalischen Untersuchungen dazu verwertet, Studierende zu der Ausführung solcher Arbeiten anzuleiten. Hieran nehmen teils solche Studierende teil, die gemäß dem Programm der Hochschule die Diplomprüfung als technische Physiker zu machen beabsichtigen, teils solche Herren, die bereits die Hochschule als Diplomingenieure absolviert haben und noch einige Semester ihrer wissenschaftlichen Ausbildung widmen können. Hierbei gibt das Promotionsrecht unserer Hochschule dem Laboratorium die Möglichkeit, für seine Arbeiten unbezahlte Hilfskräfte zu gewinnen, da die Untersuchungen im allgemeinen als Doktorarbeiten Verwendung und Verwertung finden. Wäre dies nicht der Fall, so würde ein beträchtlicher Teil der zur Verfügung stehenden Geldmittel zur Bezahlung wissenschaftlicher Mitarbeiter verausgabt werden müssen, da die zur Durchführung solcher Arbeiten erforderliche wissenschaftliche Selbständigkeit nur Ingenieuren eigen ist, welche entweder bereits in der Praxis eine gut bezahlte Stellung gefunden haben oder bald eine solche finden werden.

Dem Unterrichte dient ferner ein wöchentlich einmal vierstündig abgehaltenes „technisch-physikalisches Praktikum", welches die Mitte hält zwischen den praktischen Übungen in einem physikalischen Institute und einem Laboratorium für Wärmekraftmaschinen. Es werden darin besonders solche Methoden geübt, deren der Ingenieur in der Praxis bei wissenschaftlichen Arbeiten bedarf. — Dieses Praktikum erfüllt außerdem den doppelten Zweck, daß einerseits das Laboratorium solche Studierende kennen lernt, die später zu selbständigen Untersuchungen herangezogen werden können, und daß andererseits die Studierenden selbst, die später wissenschaftlich arbeiten wollen, ihre Fähigkeiten kennen lernen und prüfen können.

Außer den rein wissenschaftlichen Arbeiten werden zeitweise auch gutachtliche Untersuchungen ausgeführt, die von Behörden oder Privaten beantragt werden. Eine solche gutachtliche Tätigkeit, die sich selbstverständlich in gewissen Grenzen halten muß, ist nicht nur für das Laboratorium, sondern auch für die Antragsteller förderlich und sogar wünschenswert. Denn das erstere bleibt dadurch in unmittelbarer Fühlung mit der Technik, lernt ihre Bedürfnisse kennen und kann aus diesen weitere Anregung für seine Forschungen entnehmen. Die Technik aber gewinnt daraus im allgemeinen neue Untersuchungsmethoden; denn für jede neue gutachtliche Untersuchung muß meist auch eine neue Methode ausgedacht werden.

Mit der Leitung des Laboratoriums ist die Stellung eines ordentlichen Professors verbunden, dem zwei Assistenten zur Seite stehen. Ersterer ist zur Zeit Physiker und hat die Verantwortung für die physikalischen Methoden zu übernehmen, während den als Ingenieuren ausgebildeten Assistenten die konstruktive Durchbildung und technische Ausarbeitung der Apparate übertragen ist. Auf diese Weise ist der unbedingt erforderliche Zusammenhang zwischen Physik und Technik gewährleistet.[1]) — Ferner sind die

1) Instituts-Neubauten Nr. XIII (Nr. XII: diese Zeitschrift 14, 1001, 1913).

2) Ein gleichlautender Abdruck der Beschreibung erscheint in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. — Eine erste Veröffentlichung über die Ziele des Laboratoriums findet sich in dem Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1910 S. 331.

An dem Entwurf der ersten Pläne für den Neubau hat der damalige Assistent am Laboratorium Herr Dr. Ing. H. Gröber in dankenswerter Weise teilgenommen.

1) Außerdem ist bestimmt, daß an der Leitung des Laboratoriums stets ein Mitglied des Lehrerrates der Maschineningenieur-Abteilung beratend teilnimmt. Dies

Fig. 1. Versuchshalle.

etatmäßigen Stellen eines Werkmeisters und eines Laboratoriumsdieners vorhanden; endlich sind ständig zwei weitere Hilfsarbeiter in der Werkstatt im Tagelohn beschäftigt.

Zur Durchführung der gestellten Aufgaben würde der staatlich gewährte Etat nicht genügen. Erfreulicherweise sind dem Laboratorium zur Anstellung bestimmter Untersuchungen nicht unbeträchtliche Mittel vom Verein deutscher Ingenieure, von der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie und auch von privater Seite überwiesen worden.

Die Räume des Laboratoriums zerfallen in zwei Teile, eine im Hof der Technischen Hochschule gelegene größere Versuchshalle (s. Fig. 1) und eine Anzahl von einzelnen Zimmern, die sich im Keller-, Erd- und 1. Obergeschoß des nach der Luisenstraße gelegenen Teiles des Erweiterungsbaues befinden. Die Lage und Zahl der Räume ist aus dem umstehenden Plan (Fig. 2) zu entnehmen. Da sich in den oberen Geschossen dieses Gebäudeteiles Hörsäle und bewohnte Räume befinden, so ist es erforderlich, daß alle diejenigen Untersuchungen, die mit hochgespannten Gasen und Dämpfen ausgeführt werden, in der Versuchshalle stattfinden, während im Hauptgebäude nur solche Beobachtungen gemacht werden, die keine Gefahr mit sich bringen. Trotz dieser Aufteilung des Laboratoriums in die Halle und in mehrere Stockwerke des Hauptgebäudes, ist das Laboratorium in sich abgeschlossen; die einzelnen Abteilungen sind durch zwei Innentreppen und die unter der Hochschulstraße durchgeführte Unterkellerung miteinander verbunden.

Da die technische Physik im weitesten Sinne des Wortes die Gesamtheit der technischen Anwendungen physikalischer Gesetze in sich schließt, mußte bei der Einrichtung des Laboratoriums dafür gesorgt werden, daß es nicht nur zur Ausführung der zur Zeit vorliegenden Untersuchungen, die sich hauptsächlich auf Fragen der technischen Thermodynamik, sowie der Wärme- und Schallausbreitung beziehen, geeignet ist, sondern daß es auch die Durchführung der verschiedensten in Zukunft noch auftretenden Aufgaben ermöglicht.

ist seit Beginn Herr Geheimrat Professor Dr. von Linde, dessen interessevoller Anteilnahme und weitgehendem Einfluß auf die maßgebenden technischen Kreise das Laboratorium viele Anregung und tatkräftige Unterstützung zu verdanken hat.

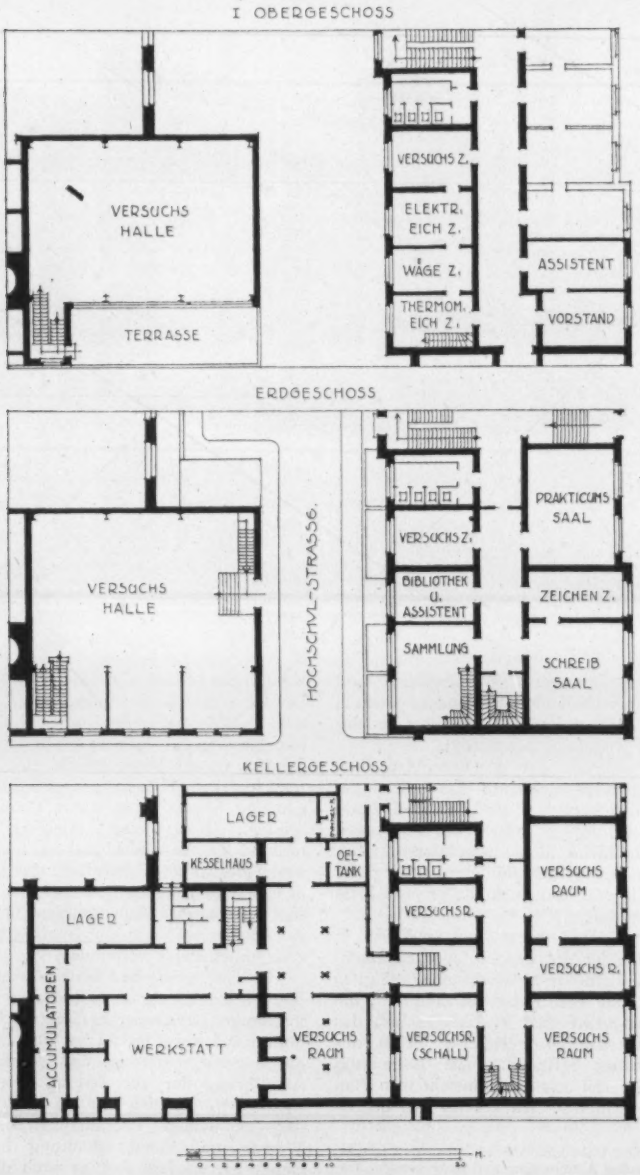


Fig. 2. Raumverteilung.

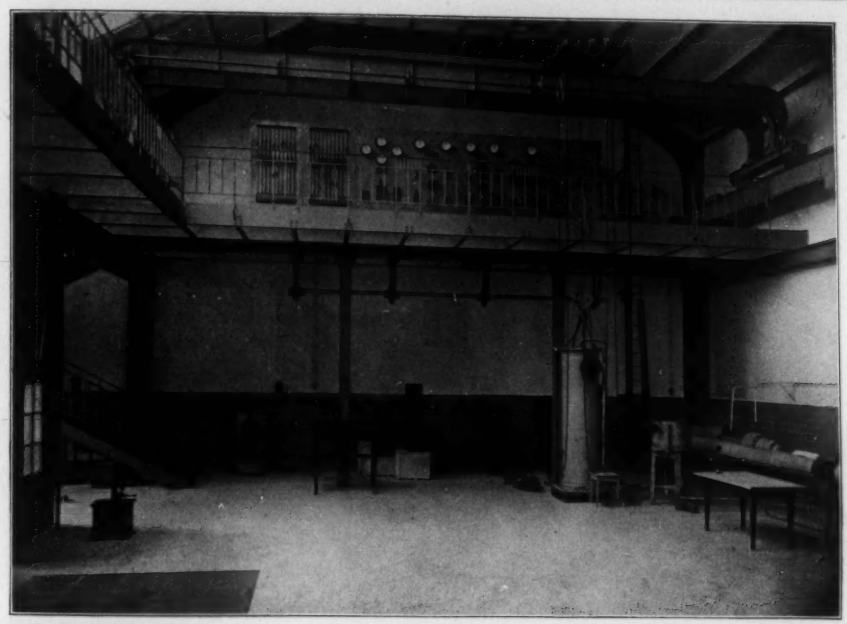


Fig. 3. Versuchshalle, Inneres.

Aus diesem Grunde befinden sich an verschiedenen Punkten der Halle sowie auch in fast allen im Hauptgebäude liegenden Räumen Anschlüsse für Gas, Wasser und elektrischen Strom. Gas und Wasser werden dem städtischen Netz entnommen, während der elektrische Strom als Gleichstrom von 2×110 Volt von der Kraftzentrale der Hochschule geliefert wird. Derselbe wird entweder direkt zu den Untersuchungen verbraucht oder zum Aufladen zweier Akkumulatorenbatterien benutzt oder endlich in Wechselstrom von 100 Volt Spannung umgeformt; letzterer kann an der Verbrauchsstelle durch einen transportablen Transformator auf beliebige Spannung gebracht werden.

Die Batterien von 180 und 360 Amperestunden Kapazität können auf 20, 40, 60 und 120 Volt Spannung geschaltet werden.

Alle erforderlichen Schalteinrichtungen sind in der Versuchshalle (s. Innenansicht derselben Fig. 3) anf der Hauptschalttafel vereinigt, die auch den Linienwähler für 7 Stromquellen und 40 Abzweigleitungen enthält. Der Linienwähler besorgt die Verteilung der einzelnen Stromarten nach den Arbeitsplätzen im Laboratorium. Die vom Linienwähler ausgehenden Leitungen sind für maximal 40 Amp. berechnet, während für Stromstärken von etwa 100 bis 200 Amp. in der Versuchshalle eigene Anschlüsse verlegt sind, die direkt von der Schalttafel abgehen, jedoch nur Strom aus der Hochschulzentrale liefern können. — Die gesamte elektrische Anlage ist von den Siemens-Schuckert Werken G. m. b. H. geliefert und aufgestellt worden.

Das Laboratorium besitzt zwei Dampfkessel, einen von den Herren Gebrüder Sulzer in Winterthur geschenkten, stehenden Rauchrohrkessel und einen Wasserrohrkessel, System Babcock-Wilcox, der von J. A. Maffei in München geliefert wurde. Während ersterer in der Versuchshalle selbst aufgestellt ist, steht letzterer im Niveau des Kellergeschosses, in einem an die Versuchshalle angebauten kleinen Kesselhaus, welches durch ein Glasdach sein Licht erhält. Der Rauchrohrkessel hat 4,7 qm Heizfläche, ist für 20 Atm. Überdruck gebaut und wird mit Gas gefeuert. Der Wasserrohrkessel hat 25 qm Heizfläche und ist für einen Überdruck von maximal 30 Atm. bestimmt. Geheizt wird derselbe durch eine Körtingsche Ölfeuerung, wobei das Einspritzen des Öles durch den Dampf des Kessels selbst geschieht. Um

Fig. 4. Versuchshalle, Seitenschiff.

den hierzu erforderlichen Anfangsdruck zu erzielen, ist eine Gasheizung eingebaut. Jeder der beiden Kessel kann außer durch einen Injektor auch durch eine elektrisch angetriebene Pumpe gespeist werden, damit bei wissenschaftlichen Versuchen den Kesseln außer zu Versuchszwecken kein Dampf entzogen wird.

Ferner besteht die Möglichkeit, Druckluft in geringer Menge bis zu 200 Atm. durch einen Whitehead-Kompressor, sowie in größerer Menge bis zu 12 Atm. durch einen Kompressor von Pokorny & Wittekind herzustellen.

Durch zwei getrennte Rohrnetze können der Dampf und die Druckluft an verschiedenen Stellen der Versuchshalle, letztere außerdem noch an einer im Kellergeschoß des Hauptgebäudes befindlichen Stelle entnommen werden.

Die Versuchshalle wird durch einen Wandlaufkran von 3 t Tragkraft und 10 m Spannweite bestrichen, der seine Lasten durch eine mit einem Deckel verschlossene Öffnung direkt bis in die Werkstatt befördern kann. Derselbe ist von Gg. Noell in Würzburg geliefert.

Außer einer Ammoniakkältemaschine und einer größeren Vakuumschieberpumpe sind in der Versuchshalle u. a. aufgestellt: ein Kubizierapparat von $1^1/_2$ cbm Fassungsvermögen von Elster in Berlin, ein größerer fahrbarer Kondensator und 2 Quecksilbermanometer für 15 und 10 Atm.; letzteres ist mit Wasserkühlung versehen. Beide Manometer können auch hintereinander geschaltet werden, wenn Drücke bis 25 Atm. gemessen werden sollen.

Die Versuchshalle ist in zwei Teile geteilt, den großen 12 m hohen Hauptraum und das daran angelehnte nur $4^1/_2$ m hohe Seitenschiff (s. Fig. 3 und 4).

Der Hauptraum erhält sein Licht durch ein den nördlichen Teil des Daches bildendes Glasdach und dient zur Ausführung von Versuchen, die einer umfangreichen Bodenfläche bedürfen. Das Seitenschiff ist durch Wände in drei Teile geteilt, die ihrerseits durch halbhohe Wände mit Pendeltüren und Glasfenstern gegen die Halle abgeschlossen sind. In den so entstandenen Kabinen sind die Apparate vor störenden Luftbewegungen und die Beobachter vor ablenkenden Störungen geschützt. Augenblicklich dienen die Kabinen der Untersuchung der spezifischen Wärme des überhitzten Wasserdampfes, der Temperaturänderung komprimierter Gase bei Entspannung ohne äußere Arbeitsleistung (Thom-

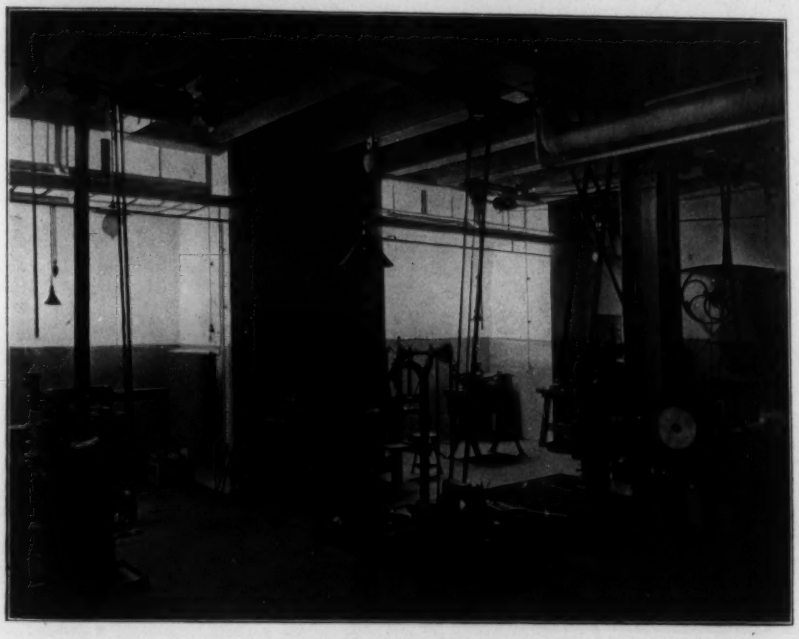


Fig. 5. Werkstatt.

son-Joule Effekt), sowie der Verluste durch Labyrinthdichtungen.

Die Verglasung des Oberlichtes sowie der Fenster der Versuchshalle ist eine dreifache, um gemäß den Versuchsergebnissen des Laboratoriums die Wärmeverluste gering zu halten und um die durch die Abkühlung von außen eintretenden Temperaturschwankungen möglichst zu verringern.

Unter der Halle liegt die Werkstatt (s. Fig. 5), in welcher nach Möglichkeit alle zu den Untersuchungen nötigen Apparate angefertigt werden. Sie ist sowohl zur Herstellung von feinmechanischen Arbeiten als auch von schweren Gegenständen eingerichtet und enthält u. a. eine Präzisionspatronenbank (System Auerbach), eine schwerere Leitspindeldrehbank, eine Wanderer-Universalfräsmaschine, sowie einige Bohrmaschinen, Sägen und Blechbearbeitungsmaschinen, eine Einrichtung zum autogenen Schweißen, einen Glasblasetisch usw. Im Kellergeschoß des Hallenbaues befindet sich ferner der Akkumulatorenraum, das Materiallager, Dusch- und Waschräume, ein älterer Gasmotor, der zu Übungszwecken Verwendung findet, sowie die photographische Dunkelkammer.

Das Kellergeschoß des Hauptgebäudes enthält 5 Versuchsräume, die für Einzeluntersuchungen bestimmt sind. Sie dienen augenblicklich außer zu gutachtlichen Untersuchungen über die Wärmeleitung von Isoliermaterialen (s. Fig. 6) der Bestimmung der Wärmeleitzahl feuerfester Steine, des Wärmeüberganges von erwärmten Flächen an Luft, des Absorptions- und Reflexionsvermögens von Ballonstoffen, des Schutzes gegen die Ausbreitung von Luft- und Bodenschall.

Durch eine Innentreppe gelangt man in das Erdgeschoß, welches den Saal zur Abhaltung des Praktikums, die Sammlung, das eine Assistentenzimmer vereinigt mit der Bibliothek, ein Zeichenzimmer und einen Schreibsaal für die selbständig arbeitenden Herren, sowie endlich noch ein Versuchszimmer enthält, in dem zur Zeit die spezifische Wärme von Bau- und Isolierstoffen ermittelt wird.

Durch die im Sammlungsraum liegende zweite Innentreppe gelangt man nach dem 1. Obergeschoß, in welchem in der nach dem Hofraum gelegenen Zimmerflucht das Eichzimmer für die Thermometer und andere Temperaturmeßinstrumente, das Wägezimmer, das Zimmer zur Eichung elektrischer Meßgeräte

Fig. 6. Versuchsraum.

sowie ein weiteres Versuchszimmer mit Photometereinrichtung untergebracht sind. Die letztgenannten vier Zimmer besitzen Verdunkelungsvorrichtungen und können, da alle Zwischentüren in einer Achse liegen, gegebenenfalls gleichsam als ein großer, langer Raum für beleuchtungstechnische Untersuchungen benutzt werden. — Durch den Gang getrennt von den sämtlichen bisher genannten Räumen liegt das Zimmer des Laboratoriumsvorstandes sowie ein zweites Assistentenzimmer. Eine Verbindung auch dieser Zimmer mit den übrigen Laboratoriumsräumen war nicht angängig, weil durch das 1. Obergeschoß der Hochschule ein öffentlicher Durchgang verläuft.

Die neuen Räume des Laboratoriums für technische Physik wurden demselben dank dem tiefgehenden Interesse der hohen Staatsregierung und der Zustimmung der beiden Kammern des Landes geschenkt und von dem Spezialkommissär für die Erweiterungsbauten der Technischen Hochschule Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. Fr. v. Thiersch aufgeführt und ausgestattet. Nachdem das Laboratorium in den alten Räumen, getragen von der wohlwollenden Unterstützung der Herren Kollegen der Münchener Hochschule und dem Vertrauen der technischen Kreise eine stetig wachsende Tätigkeit entfalten konnte, mußte zunächst durch den Umzug in die neuen Räume eine längere unvermeidliche Unterbrechung der wissenschaftlichen Untersuchungen eintreten. Gerade mit Beginn des Wintersemesters 1914/15 sollte der Betrieb in vollem Umfange wieder aufgenommen werden, als durch den Kriegsausbruch von neuem ein fast völliger Stillstand des ganzen Laboratoriums eintrat. Hoffen wir, daß nach Abschluß eines ruhmvollen Friedens das Laboratorium in den neuen, schönen Räumen seine Tätigkeit im Dienste der Wissenschaft und vor allem auch der Technik recht bald wieder wird eröffnen können.

(Eingegangen 5. April 1915.)

BESPRECHUNGEN.

Bernhard Bavink, Allgemeine Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft. Eine Einführung in die moderne Naturphilosophie. gr. 8°. XIV u. 314 S. mit 19 Figuren und 2 Tafeln. Leipzig, S. Hirzel. 1914. Preis geh. M. 6.—, geb. M. 7.—

Mit gründlichster Kenntnis der weitverzweigten Gebiete hat hier ein Autor, der die Physik als sein Spezialgebiet bezeichnet, eine Einführung in die Naturphilosophie gegeben, welche wesentlich sich von dem unterscheidet, was man schlechthin von Büchern dieser Art erwarten dürfte. In vier großen Abteilungen — Kraft und Stoff, Weltall und Erde, Materie und Leben, Problem der Artenbildung — wird ein kräftiges Bild der Ergebnisse der Naturwissenschaft und eine gute Klarstellung der aus ihnen zu entnehmenden Probleme geboten. Das Buch ist aus einem Gusse. Fragen allgemeineren Inhalts werden in der Reihenfolge, wie sie aus den Ergebnissen der Spezialforschung, beziehentlich deren Systematik, hervortreten, erörtert und daraus wird ein Bild zusammengesetzt.

Von aller Einseitigkeit des „Standpunktes" fern, erhalten wir ein kritisches Referat über Gebiete, die uns zwar interessieren, die wir aber nicht näher verfolgen können. — Es ist nicht leicht auf ungefähr 100 Seiten die Grundlagen der Chemie und Physik darzustellen — aber es ist hier in frischer, präziser Art geglückt und „die Einheit des physikalischen Weltbildes" (Seite 104—117) bietet eine vorzügliche Zusammenfassung physikalisch-philosophischer Fragen. Dabei dominiert übrigens die Relativitätstheorie nicht. Im Anschluß an sie lesen wir auf Seite 115: „... war es freilich meine Absicht, in diesem Kapitel zu zeigen, daß noch viel weiter als solche unberechtigte Überschätzung unseres Wissens das Gegenteil derselben, die systematische Unterschätzung und Kritikasterei von der Wahrheit entfernt ist, auch wenn sich diese hin und wieder mit anscheinendem Rechte auf wissenschaftliche Kritik stützen zu können meint. Diese Kritik selbst, auch wenn sie durch die Autorität großer Namen ..... gedeckt ist, ist doch selbst cum grano salis zu genießen. Das an einem kurzen Aufriß des Fortschritts der Physik, an einer Reihe besonders einleuchtender Beispiele zu zeigen, war der wesentliche Zweck des Bisherigen". — Bavinks Stellung zur Hypothese ist bemerkenswert. Er verwirft die immer rückenfreie vorsichtige Tendenz, Hypothesen nur als Bilder zu benutzen: er tritt für die Forschung ein, welche die Hypothese aufstellt mit dem deutlich erkennbaren Hintergedanken „so dürfte es wohl tatsächlich sein!".

Auf Seite 239 sagt der Verfasser, „wenn manche ... fast ausschließlich den heuristischen Wert der „Hypothese" betonen und am liebsten die Frage: Richtig oder falsch? ganz vor der Frage: Wozu brauchbar? in den Hintergrund treten lassen möchten. Das heißt, die Naturwissenschaft um ihr bestes Teil zu bringen . ."

Das, was Bavink auf Seite 187 über den „alten aber immer neuen Fehler der Verwechslung des Ignoramus mit dem Ignorabimus" sagt und über die Verwechslung der beiden Sätze: „Es hat sich ergeben, daß nicht . ." und „Es hat sich nicht ergeben, daß", ist typisch für das Buch. — Insofern es übrigens bis zu einem gewissen Grade auch „populär" sein will, ist die Sorgfalt anzuerkennen, mit der immer wieder die Ansicht widerlegt wird, daß durch neue Entdeckungen die Wissenschaft „umgestoßen" würde. Im besonderen wird man auch als wertvoll empfinden, daß hier die biologischen Tatsachen einmal von einem Physiker referiert werden; die Probleme werden nicht verwischt und verschleiert, sondern ins rechte Licht gerückt. — Alles in allem verbindet das Werk eine hervorragende kritische Schärfe mit einer wohltuenden Begeisterung für die Wissenschaft überhaupt, so daß jeder, der Sinn für allgemeine Gesichtspunkte hat, das Buch mit großem Genusse — und Gewinn — lesen wird.

H. Hörig.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Universität Rom Dr. G. Armellini für Himmelsmechanik, an der Universität Pavia Dr. M. Bottasso für Analytische Geometrie, an der Universität Gießen der frühere Direktor des Aeronautischen Observatoriums Berlin Geh. Oberregierungsrat Dr. Richard Aßmann für Meteorologie.

Ernannt: Fräulein Grete Egerer zum a.o. Professor der Chemie der Universität Baltimore (Goucher College), der Privatdozent an der Universität Berlin Dr. Konrad Knopp zum a.o. Professor der Mathematik ebendaselbst, Dr. C. P. Kullgren zum Professor für chemische Technologie an der Technischen Hochschule Stockholm.

In den Ruhestand: Der ord. Professor der Physik an der Universität und Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik an der Universität Wien Hofrat Dr. Wilhelm Trabert.

Gestorben: Der ord. Professor für Theoretische Geodäsie und Himmelsmechanik an der Universität Palermo Dr. Adolfo Venturi.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1915.

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik II, spezieller Teil für Mediziner, 5; Physikalisches Praktikum II (Fortsetzung), 6 bzw. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Frank:** Theoretische Mechanik (Fortsetzung), 4, Übungen, 1; Hydromechanik und Aeromechanik, 2 *g.* — **Spitaler:** Allgemeine Meteorologie, 4; Geophysikalische Probleme, 1. —

Meyer: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Rothmund:** Elektrochemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Wagner:** Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1. — **Kirpal:** Chemische Großindustrie, mit Exkursionen, 3. — **Hönigschmid:** Analytische Chemie für Mediziner, 3. — **Morgenstern:** Alkaloide, 2. — **Herzog:** Ausgewählte Kapitel der Biochemie, 1. — **Sigmund:** Chemie des tierischen Stoffwechsels, 1. —

Pick: Infinitesimalgeometrie (Fortsetzung), 2; Elemente der konformen Abbildung, 3; Nichteuklidische Geometrie (Fortsetzung), 2 *g.* — **Kowalewski:** Theorie und Geschichte der elliptischen Funktionen, 4, Übungen, 1; Algebraische Invariantentheorie, 1. — **Scheller:** Ein-

führung in den Gebrauch astronomischer Tafeln, 1, Übungen, 1. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Experimentalphysik: Elektrostatik, Stationäre Elektrizitätsströmungen, Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes, Magnetische Induktion, 5, für Kulturingenieure, 3; Thermodynamik, 3; Physikalisches Praktikum, 6. — **Spitaler**: Meteorologie und Klimatologie, 3; Klimatologisches Praktikum, 1. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 3, Praktische Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 2. —

Hönigschmid: Anorganische Chemie, 4; Analytische Chemie (anorganisch, quantitativ), 2; Übungen im anorganisch-chemischen und analytischen Laboratorium I und II, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, tägl außer Sonnabend. — **N. N.**: Organische Chemie, 5; Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung: I. b und II. Gruppe des periodischen Systems, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Maßanalyse, 1; Physikalische Chemie III: Photochemie; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, 15; Elektrochemische Prozesse der Industrie, 3. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe II, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, 6½; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Harpf**: Technologie des Schwefeldioxyds, 1. — **v. Gintl**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, 3, Übungen, 8; Gasanalyse mit praktischen Übungen, 1; Gerichtlich-chemische Untersuchungen mit Demonstrationen, 1. — **Außerwinkler**: Photographie, 1, Laboratorium, 4. — **Herzog**: Agrikulturchemische Arbeitsmethoden, 1; Biochemische Analyse, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. —

Carda: Mathematik I, 4, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1. — **N. N.**: Mathematik II, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik: Praktische Rechenmethoden, 2. — **N. N.**: Mathematik für Handelslehrkandidaten, 3. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 3, IIa, 1, IIb, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 3, Konstruktive Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 3. — **Grünwald**: Ausgewählte Abschnitte aus der Bewegungslehre starrer Körper, 2. — **Pöschl**: Allgemeine Mechanik, 4; Repetition, 1, graphische Übungen, 2; Hydromechanik, 3, Übungen, 1; Besondere Probleme aus dem Gesamtgebiete der Mechanik, 2. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, Plattformübungen, 2–4; Die Nomographie in der Geodäsie, 1. — **Adamczik**: Niedere Geodäsie, 4½: Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen I, 2, II, 2. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner, 5; Anleitung für wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Meyer**: Radioaktivität, 3; Elemente der theoretischen Physik, besonders für Lehramtskandidaten, II: Elektrizität, 5. — **Haschek**: Physikalische Beobachtungen und ihre Grenzen, 2. — **Jäger**: Ausgewählte Kapitel der kinetischen Theorie der Flüssigkeiten, 1. — **Kohl**: Elemente der elektrolytischen Dissoziationstheorie, 2. — **Przibram**: Die Brownsche Molekularbewegung, 1. — **Sirk**: Einführung in die kinetische Gastheorie, 2, Übungen, 1. — **Defant**: Sonnenstrahlung, 2. — **Schmidt**: Gewitter und Böen, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6 Wochen; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, 20. —

Wegscheider: Theoretische und physikalische Chemie II, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl. — **Goldschmiedt**: Chemie II: Organische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Analytische Chemie, im Anschluß an die chemischen Übungen für Mediziner, 2; Übungen in der Ausführung chemischer Schulversuche, 4. — **Vortmann**: Arbeiten für Vorgeschrittene. — **M. Kohn**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Abel**: Chemische Kinetik, 2. — **Moßler**: Nichtoffizinelle Arzneimittel, 1. —

v. Escherich: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5, Übungen, 1; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Wirtinger**: Funktionentheorie, 5; Übungen zur Elementarmathematik, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **Mack**: Kurs über darstellende Geometrie, 3 *g*. — **Furtwängler**: Algebra, 5; Proseminar, 1 *g*; Seminar, 2 *g*; Elementarmathematik, 1 *g*. — **Oppenheim**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **G. Kohn**: Synthetische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Kurven, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, Übungen, 2 *g*. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Hanni**: Ganze transzendente Funktionen, 2. — **Roth**: Algebraische Funktionen (Fortsetzung), 2. — **Groß**: Fouriersche Reihen, 3. — **Radon**: Theorie der konvexen Körper im *n*-dimensionalen Raume, 2. — **Hepperger**: Astrophysik, 2; Bahnbestimmung von Doppelsternen und Satelliten, 2. — **Oppenheim**: Einführung in die Mondtheorie, 3, Übungen, 1 *g*; Stellarastronomie, Verteilung und Eigenbewegung der Sterne, 2. — **Schram**: Kalendariographie und Zeitrechnung verschiedener Völker, mit Rücksicht auf Historiker, nach Verabredung. —

Gesuche.

Promovierter Physiker

mit mehrjähriger Assistenten-Praxis in der Industrie, vollkommen militärfrei, **sucht** zu sofort Stellung als Instituts-Assistent oder in der Industrie. Angebote erbeten unter **J. B. 8984** an **Rudolf Mosse, Dresden.**

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Max Born in Berlin. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Have
other
vols